

臨界水位の測定における問題点

1975年5月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development
Corporation)

臨界水位の測定における問題点

報告者 柴 公 倫 *
飯 島 一 敬 *
小 綿 泰 樹 *
磯 村 和 利 *

期 間 1975年4月9日～1975年5月8日

目 的 臨界水位の測定に使用する精密水位計の精度，較正方法を明らかにするとともに，臨界水位の再現性に影響を及ぼす諸因子を定量的に把握する。

要 旨

DCAの臨界水位は付設の精密水位計で測定されるため，この精密水位計の精度，較正法等を把握するとともに，臨界水位に影響を与える諸要因について検討を行なった。燃料ペレットと同面の炉心下部グリッド板上面から重水表面までの距離と精密水位計指示値との関係を測定することによって精密水位計の較正方法を明らかにし，更に精密水位計指示値のずれの経年変化も調べた。また，基準炉心で測定された臨界水位を整理することにより，臨界水位の再現性に影響を及ぼす因子を調べた。これらの検討の結果，次の事が明らかになった。

- (1) 精密水位計の較正の際，カセットメータを用いる方法によれば，精密水位計の指示値は±0.2mm以内の精度で較正可能である。
- (2) 精密水位計指示値のずれには平均約1mm/年の経年変化がみられるので，定期的に前述の方法により精密水位計を較正する必要がある。
- (3) 重水温度，精密水位計の誤差等を考慮した場合，臨界水位の再現性は±約2.5mmである。
- (4) 重水濃度0.1モル%の劣化に対して，臨界水位は0%ボトイ炉心で約+2.4mm，100%ボイド炉心で約-2.2mm変化する。

*大洗工学センター重水臨界実験室，DCA実験グループ

宮脇良夫，八谷雄喜，樋口幸次郎，柴公倫，竹下徳人，福村信男，仁柴明人，飯島一敬，浅野雄一郎，戸村和二，相原永史，米田平（現電発），平山卓，若林利男，小綿泰樹，磯村和利，菅原昇三，市原泉，大塚剛宏（'75年4月から），草別幸夫（'75年4月から），皆月功（'75年5月から）

目 次

1. 緒 言	1
2. 精密水位計の絶対値の校正	2
2.1 較正法(I)	2
2.2 較正法(II)	2
2.3 精密水位計指示値のずれの経年変化	5
3. 基準炉心の臨界水位	6
3.1 臨界水位の測定値と精密水位計指示値のずれの補正	6
3.2 重水濃度および温度に対する依存性	6
4. まとめ	8
5. 追 記	9
付録 I 精密水位計の構造	35
II 炉心下部グリッド板の水平度測定記録	41
III DCA運転記録	53
IV 重水濃度測定記録	61

1. 緒 言

臨界水位は原子炉の最も基本的な物理量であり、しかも原子炉を構成する物質の組成および配置等にきわめて敏感な量である。従って、臨界水位の測定法に関しては十分な検討を加え、精度等を明確にしておく必要がある。DCAの臨界水位は付設されている精密水位計で測定するようになっている。この水位計の指示値が下部グリッド板^{*}上面からの重水減速材水位に一致するよう校正しておく必要がある。このためまず、この校正方法を詳細に吟味し、校正の際、問題となる炉心下部グリッド板の位置、および、水平度について検討を行った。従来、精密水位計の校正は併設されている重水マノメータの水位と精密水位計の指示値を比較して行っていたが、重水マノメータの水位を目視で読んでいたため、精密水位計と同じ精度で読みとれず、十分な精度で校正を行うことが出来なかった。このため、カセットメータを用いて重水マノメータの水位を精密水位計と同じ精度で読みとり、校正する方法を示した。

また、過去のデータを整理することにより精密水位計の指示値のずれの経年変化を明らかにした。格子ピッチが22.5cmである炉心において、1.2%濃縮ウラン燃料クラスタを121体装荷した0%および100%ボイド炉心で測定された臨界水位を、精密水位計指示値のずれの経年変化を補正して整理した。この結果からこの経年変化の補正を行っても、同一炉心について、異なった時点で測定値の間に有意の差があることが判明した。この差は重水濃度の劣化および重水温度の変化を考慮すれば定性的に説明づけることが可能である。

* 下部グリッド板上面の位置は燃料棒のペレット下端と同一である。

2. 精密水位計の絶対値の較正

DCAの炉心タンク内重水々位は、炉心下部グリッド板上面を基準にした重水々面の高さであり、この水位は付設されている精密水位計の指示値を制御室の制御盤にデジタル表示することにより判るようになっている。重水マノメータおよび精密水位計の構造を付録Iに示す。この精密水位計は、重水マノメータ内のフロートの位置を検出して重水々位を求めている。従って、精密水位計の指示値が正確な重水々位を示すためには、下部グリッド板上面、重水マノメータ、および精密水位計のフロート等相互の位置関係を厳密に較正しておく必要がある。精密水位計の較正法には使用する測定計器により、図-1に示すように2通りの方法が考えられるので以下にこれらの方法を示す。なお、下部グリッド板の水平度については付録IIに示す。

2.1 較正法(I)

精密水位計に付設されている重水マノメータの目盛を基準にして、精密水位計の指示値を較正する方法を示す。最初に重水マノメータの目盛と下部グリッド板上面の位置関係を明らかにし、重水マノメータの目盛を下部グリッド板上面からの数値に変換する数値を求める。これで、重水マノメータの目盛が下部グリッド板上面からの数値に変換出来たから、次に重水マノメータの目盛と精密水位計の指示値を比較することにより較正を行う。

(1) 重水マノメータ目盛で読んだ下部グリッド板上面の位置の値の測定

重水マノメータ目盛で読んだ下部グリッド板上面の位置の値を連通管とハイトゲージを用いて、以下の手順で求める。記号については図-4を参照のこと。

- 1) ビニールホースを用いて、図-2のような連通管を作成する。炉心タンク外の連通管の管端は重水マノメータに近接して設置する。
- 2) 重水マノメータの目盛の任意の位置Mを図-2に示したハイトゲージにより正確に読みとる。この数値をJとする。これにより、ハイトゲージの目盛と重水マノメータの目盛との関係が求められる。すなわち、ハイトゲージの読みから(J-M)を差し引けば、重水マノメータでの読みとなる。
- 3) 連通管内に適当な量の水を入れて、ハイトゲージで測定できる範囲の水柱を作成し、水面が静止するのを待つ。
- 4) 静止した連通管の水面の高さを炉心内外でハイトゲージにより正確に読みとる。この数値をそれぞれXおよびHとする。
- 5) 精度を上げるため、3)、4)の測定を水位を変えて数点行う。
- 6) ハイトゲージで求めた炉心外の連通管の水面の位置Hから2)で求めた(J-M)を差し引いて重水マノメータの目盛での読みYに変換する。
- 7) 6)で変換された値Yから炉心内で測定された連通管水位の値Xを差し引けば、この値 $B = (Y - X)$ が重水マノメータの目盛で測定された下部グリッド板上面の位置となる。すなわち、B点の位置に下部グリッド板上面が存在することになる。

従って、重水マンメータの読み Y に B を加えた値 ($Y + B$) が下部グリッド板上面からの位置 Z となる。

(2) 重水マンメータの読みと精密水位計指示値との関係を定める方法

精密水位計を校正するためには、重水マンメータの読みと精密水位計の指示値との関係を把握しておかなければならない。この両者の関係は以下の手順で測定出来る。

- 1) 図-3に示すように、重水マンメータの重水取入部②にビニールホースを接続する。この際、接続部より重水の漏洩がないような工夫をする。
- 2) バルブを校正時の状態にし、重水を重水マンメータ内に注入する。この時、重水マンメータ内に気泡が入らないように注意する。
- 3) 重水マンメータ内の水面が静止したならば、重水マンメータの水位を目視で読む。この時、精密水位計の指示値はデジタル表示された値を読みとる。
- 4) 精度を上げるため約100mmずつ重水を注入し、3)の測定を数点くり返して読む。

(3) 測定結果

校正法(I)の方法により重水マンメータの目盛で読んだ下部グリッド板上面の位置の値 B が測定された。まず、重水マンメータ目盛の任意の位置の読み M をハイトゲージにより数点測定して、 J を得た。 M と J とからハイトゲージの目盛を重水マンメータの目盛に変換するための値 ($J - M$) を求め表-1に示す。 $(J - M)$ の値としては4回の測定の平均値を採用した。次に静止した連通管の水面の高さを炉心内外でハイトゲージにより測定し、それぞれ X 、 H を求め測定した $(J - M)$ の値を用いて B を求めた。但し、炉心内連通管水位の測定位置は3C0チャンネル(図-14参照)である。この結果を表-2に示す。 B の値も数点で測定した値を平均化し、 $B = 130.71 \pm 0.33 \text{mm}$ を得た。図-9に昭和48年8月3日に測定された Y と Z との関係を示す。この結果から、 Y と Z とは誤差範囲で勾配が1.0の直線であることがわかる。従って、精密水位計の指示値が下部グリッド板上面からの値を正しく表示しているならば $(Z - Y)$ の値は、一定値 B に等しくなるはずである。しかし、表-11に示される昭和50年3月24日現在の精密水位計指示値 Z と重水マンメータの読み Y の関係を用いて $(Z - Y)$ を求めてみると、この値は B に等しくなっていない。そこで、 $\delta = Z - Y - B$ なる δ の値を求めてみるとこの値が $\delta = 2.76 \pm 0.45 \text{mm}$ であることが判った。このことから精密水位計指示値はこの δ の値だけ実際の重水水位より高めの数値を表示していることがわかる。

2.2 校正法(II)

校正法(I)では、重水マンメータの目盛で精密水位計を校正する方法について述べた。この方法では、重水マンメータの重水水面の位置を重水マンメータの目盛で目視で読んでいるため、 $\pm 0.5 \text{mm}$ 程度の精度でしか読めないため、 $\pm 0.1 \text{mm}$ の精度で水位を測定出来る精密水位計の校正には不満足である。そこで、 $1/20 \text{mm}$ の精度で測長を行なえるカセットメータを用いて、重水マンメータの水面位置を読みとり、精密水位計を校正する方法についてのべる。

この方法では、まず基準にとる炉心タンク外側面に示された下部グリッド板上面の位置と実際の下

部グリッド板上面との位置関係を連通管を用いて求めた後、カセットメータを用いて重水マノメータの水面の位置を読みとり校正する。

(1) 炉心タンクの基底線と下部グリッド板上面の一致度の確認

炉心タンク外壁にケガかかれている基底線と下部グリッド板上面の一致度の確認は、図-5に示すようにハイトゲージと連通管を使用して次の手順で行う。

- 1) ビニールホースを炉心タンク外壁の基底線附近と炉心中心部に固定し、適当な量の水を入れハイトゲージで測定可能な範囲の水柱を作成する。
- 2) 炉心タンク外で水柱および基底線を測定できる場所にカセットメータを設置し水平を出す。
- 3) 炉壁の基底線をカセットメータの望遠鏡でとらえその位置の高さを読みとる。
- 4) 炉心タンク内中心附近に1000 [mm] のハイトゲージを設置し零点調整と水平度の測定を行う。
- 5) 水柱が安定したならば、炉心の内外で同時に水位をハイトゲージおよびカセットメータで読みとる。
- 6) 精度を上げるために数点同様の測定を行う。

(2) カセットメータによる重水々位の測定

- 1) カセットメータの望遠鏡を回転させることにより炉心タンク外壁の基底線と重水マノメータを望遠鏡の視野内にとらえられる位置にカセットメータを設置し、かつその水平度も正確に出す。
- 2) カセットメータの望遠鏡の視野内に炉心タンク外壁にケガいた基底線をとらえ、その位置をスケールで読む。(H₀)
- 3) 図-3に示された精密水位計較正法と同様の方法でビニールホースを設置する。
- 4) 適当な量の重水を重水水位計配管内に入れ、水面が静止したならば、カセットメータの望遠鏡の視野内に重水マノメータ内の水面をとらえ、その位置をスケールで読む。(H)、又、同時に精密水位計のデジタル表示を読む。(Z)
- 5) 4)項の動作をくりかえし、数点測定値をうる。

以上の様にして、精密水位計の指示(Z)とカセットメータ指示(H)から2)項でのカセットメータ指示(H₀)を差し引いた値に差がないかを確認する。

(3) 測定結果

昭和50年4月に、下部グリッド板の交換作業が行われ、格子ピッチが22.5 cmから25.0 cmへと変更された機会をとらえて、上記の方法で下部グリッド板上面と基底線とのずれを測定してみた。結果を表-3と表-4に示す。これらの表から基底線は、22.5 cmピッチのグリッド板では0.52 ± 0.31mm、25.0 cmピッチのグリッド板では1.71 ± 0.10mm下部グリッド上面より低いことがわかる。しかし、この数値は、炉心タンク内中心附近の下部グリッド板上面と基底線とのずれの大きさである。そこで下部グリッド板上面の水平度がどの位であるかを把握しておかなければならない。実際は、付録Ⅱに示した下部グリッド板上面の水平度のデータからわかる通り、下部グリッド板は、完全には水平ではなく、中心部が周辺部に比較して高くなっている。その高さの違いは、グリッド板の種類及び、交換のつど異なっている。このようなことから基底線とそれぞれの下部グリッド板上面の差

は、下部のグリッド板の歪みによるものと考えられ、差の大小は、歪の大小によるものと考えられる。基底線と下部グリッド板上面とのずれはグリッド板交換ごとに異なってくることが予想される。そこで、基準線として、炉心タンクの基底線を選び、この基底線と下部グリッド板上面とのずれの程度の確認をグリッド板の交換ごとに行うものとする。

次に、カセットメータにより炉心タンク基底線を基準として測定された重水水位と精密水位計指示値とが比較された。昭和50年5月8日に測定された結果を表-5に示す。精密水位計の指示値は基底線からの重水水位より、 $2.69 \pm 0.16 \text{ mm}$ だけ高めであることがわかった。この数値は、較正法(I)の結果、 $2.76 \pm 0.45 \text{ mm}$ と測定誤差範囲で一致している。

2.3 精密水位計指示値のずれの経年変化

2.1に述べられている較正法(I)を用いて、DCAの初臨界時以降、昭和50年4月現在にいたるまでの間に測定された重水マノメータの目盛の読み Y と精密水位計の指示値 Z との関係を表-6から表-11に示し、図-7から図-12に図示してある。これらの図から、 Y と Z との関係は何れの時点においても、誤差範囲内で勾配1.0の直線となっている。従って、前に述べたように精密水位計の指示値が下部グリッド板上面からの数値を正しく指示していれば、 $(Z - Y)$ の値は一定値となり、その値は重水マノメータの目盛で読んだ下部グリッド板上面の位置の値 B に等しくなるはずである。しかし、 $\delta = Z - Y - B$ の値を求めてみると表-6から表-11に示されるように δ は零にならず、精密水位計の指示値は下部グリッド板上面からの数値を正しく指示していないことが判る。しかも、この δ の値は図-13に示されるように時間と共に変化している。

3. 基準炉心の臨界水位

3.1 臨界水位の測定値と精密水位計指示値のずれの補正

昭和44年12月の初臨界以来、臨界水位は種々の炉心で数多く測定されてきた。ここでは、図-14に示す225cmピッチ、1.2 w/o UO_2 燃料121体装荷炉心（基準炉心）を対象として、測定された臨界水位を抽出し、付録Ⅲに示す。これらの表を見ればわかるように炉心の中に箔、銅線あるいは実験用スリーブ管等の挿入物が入らないいわゆるクリーン炉心で測定されたデータは数少ない。更に、100%ボイド炉心以外では臨界水位と冷却材水位とが一致している炉心で測定されたデータまで考慮すると、多くの測定されたデータの中でもクリーン炉心での測定値は非常に限られてくる。

この中で、0%あるいは100%ボイドの基準炉心で測定された臨界水位のうちクリーン炉心で測定されたもののみを抽出して表-14および表-15に示す。表の中で「臨界水位の測定値」は精密水位計の指示値、「精密水位計ずれを補正した臨界水位」は、臨界水位の測定値に図-13のグラフから読んだ精密水位計指示値のずれを補正した臨界水位である。又、表-14の「等水位臨界水位」は、測定された臨界水位と冷却材水位とが異なっている炉心について両者が等水位になるように補正した臨界水位を示す。

減速材の重水濃度は、昭和46年2月8日を境に約99.78モルから約99.45モルに劣化しているので、臨界水位の比較は重水濃度の劣化前後で区別して考える必要がある。測定された臨界水位は重水濃度が一定の場合でも重水温度は多少異なっているのが普通である。しかし、ここでは、重水温度変化による臨界水位の変化は水位の誤差に含め、臨界水位の平均値として求めたのが「平均臨界水位」である。臨界水位に影響を及ぼすものとしては、重水温度のほか、冷却材温度、精密水位計の誤差、燃料集合体のばらつき等があり、更に0%ボイド炉心では水位差の補正にともなう誤差、100%ボイド炉心では圧力管内の乾燥度や軽水の残存度等がある。これらの要因をすべて考慮に入れると、臨界水位の再現性としては土約2.5mmを見積ることが必要であることが判る。

3.2 重水濃度および温度に対する依存性

(1) 測定結果

重水濃度の劣化は臨界水位に顕著な影響を与えており、しかも、この傾向は0%ボイド炉心と100%ボイド炉心とでは異なっている。すなわち、表-14、および表-15に示されているように、重水濃度の劣化により、0%ボイド炉心では臨界水位は約2.4mm/0.1モル上昇し、100%ボイド炉心では逆に約2.2mm/0.1モル下降している。

次に、重水温度の変化が臨界水位に及ぼす影響を調べる。表-14および15から重水温度は夏期と冬期で最大約7℃変化していることがわかる。表-14の0%ボイド炉心では重水の温度変化が小さく、かつ冷却材水位と臨界水位とが異なっている場合には、それらを等水位に補正する際の誤差も伴ってくるので定量的判断を下すことは難しい。しかし、No.5とNo.6のほぼ等水位で測定された臨界水位を比較する限りにおいては、重水温度による反応度係数は正であることを示している。100%ボイド炉心では、0%ボイド炉心での傾向とは逆であり、重水温度の上昇とともに臨界水位

は顕著に上昇している。即ち、重水温度の反応度係数は負の値をもち、その変化量は約 $0.5\text{mm}/^{\circ}\text{C}$ となっている。

(2) 計算結果

臨界水位に影響を与える諸要因のうち、前節で示された実測データに対応する重水濃度変化と重水温度変化に着目して臨界水位を計算した。計算手順を図-15に示す。臨界水位の重水濃度依存性については $\frac{\delta B_z^*}{\delta C_{D_2O}}$ の値をもとに計算した。計算値と実測値の対応は表-16に示すとおりであり、格子ピッチ 22.5cm の基準炉心に関する限り、傾向は定性的には良く一致している。

4. ま と め

較正法(I)および較正法(II)によって精密水位計の較正を行ない、精密水位計指示値のずれの経年変化を明らかにした。また、格子ピッチ 225 cm で、1.2 W/o 濃縮ウラン燃料クラスタを 121 体装荷した 0 % および 100 % ボイド炉心で測定した臨界水位に精密水位計指示値のずれの経年変化を補正して整理し、臨界水位の再現性および重水濃度、重水温度の臨界水位に対する影響を調べた。これらの結果より、次の事が明らかになった。

- (1) 昭和 50 年 4, 5 月の時点で測定された精密水位計指示値のずれは、較正法(I)では 276 ± 0.45 mm, 較正法(II)では 269 ± 0.16 mm と求まった。較正法(I)および(II)で求まった零点の値は誤差範囲で一致している。しかし、水位の基準点として 2 つの方法は互いに異なった点を採用している。すなわち、較正法(I)では 3 C0 チャンネルの位置の下部グリッド板上面をとり、較正法(II)では、炉心タンク外表面にケガかれた基底線を採用している。基底線と下部グリッド板上面は 0.52 ± 0.31 mm ずれているが、測定誤差を考慮すると、このずれは有意ではない。従って 2 種類の較正法は等しい零点を与えるものと考えて良い。較正法(II)の方が較正法(I)よりも精度が良く、かつ、簡便なので今後は前者による方法で行うことが望ましい。しかし、グリッド板の交換ごとに基底線位置と下部グリッド板上面とのずれの確認を行う必要がある。
- (2) 精密水位計指示値のずれは経年変化しており、時が経つにつれて精密水位計の指示値が実際の重水水位より高めになっていくことが明らかになった。この原因としては、精密水位計のフロートの汚れ、フロート内への重水の浸透もしくは金属ベルトの伸び等が考えられるが、明確な事は見出せないため、今後原因を追求し改善する必要がある。
- (3) 異なった時点で測定された同一炉心の臨界水位は、水位計零点の経年変化を補正しても有意の差があり、臨界水位は ± 2.5 mm の範囲でしか再現されない。再現性を悪くする要因として、重水濃度の経年変化および重水温度の変動が考えられる。測定された臨界水位から臨界水位の重水濃度依存性は 0 % ボイド炉心で -約 2.4 mm / 0.1 モル, 100 % ボイド炉心で +約 2.2 mm / 0.1 モルであることが判明した。また臨界水位の重水温度依存性は 0 % ボイド炉心では負であるが、100 % ボイド炉心では正であり、その変化量は、約 0.5 mm / °C である。この依存性を計算により定性的には再現させることが出来る。従って、冷却材ボイド反応度、材料バックリング、重水水位反応度係数等の見積りには精密水位計指示値のずれおよび重水濃度の経年変化ならびに、重水温度の変動等の影響を定量的に検討する必要がある。

5. 追 記

精密水位計指示値のずれが、測定される炉物理量に最も大きな影響を与えるものとして反応度が考えられる。ここではボイド反応度を取り上げてその影響を定量的に考察する。精密水位計指示値のずれがボイド反応度に与える影響を調べるために、22.5 cmピッチ、混合型Pu燃料9体装荷炉心においてパルス中性子法を用いて測定されたボイド反応度の結果を例にとる。いま、精密水位計指示値が±3 mmあるいは±10 mmずれた場合について考える。0%ボイド炉心および100%ボイド炉心のいずれにおいても精密水位計指示値が臨界水位から±3 mmあるいは±10 mmずれて表示した場合のボイド反応度へ及ぼす影響はたかだか±0.3% (±3セント) 以内であって、実験誤差(約5%)に比較すれば無視できる程小さいことが判明した。

測定値された中性子束分布より軸方向バックリングを決定する場合には、精密水位計指示値のずれによる影響はない。

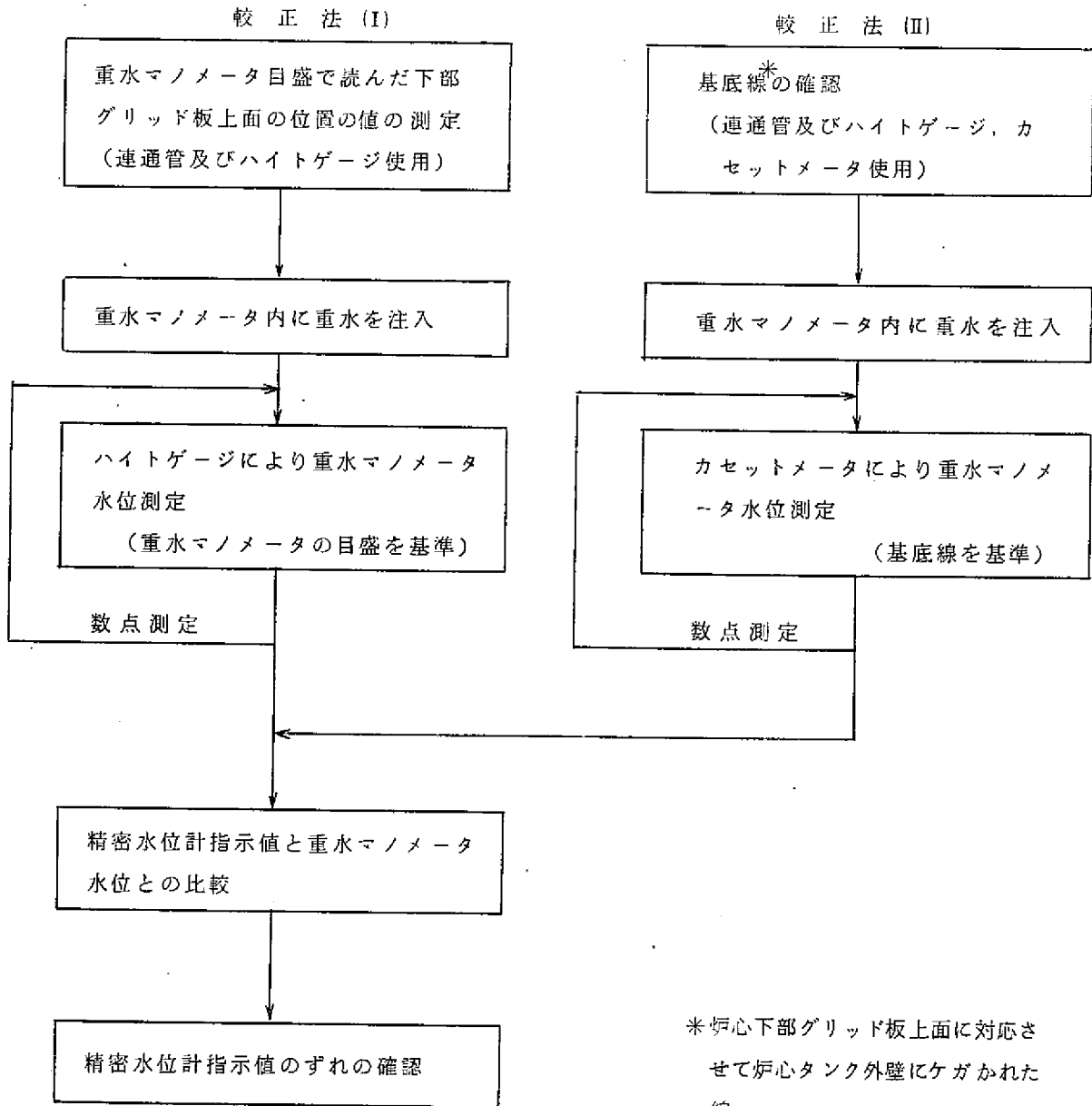


図-1 精密水位計較正方法

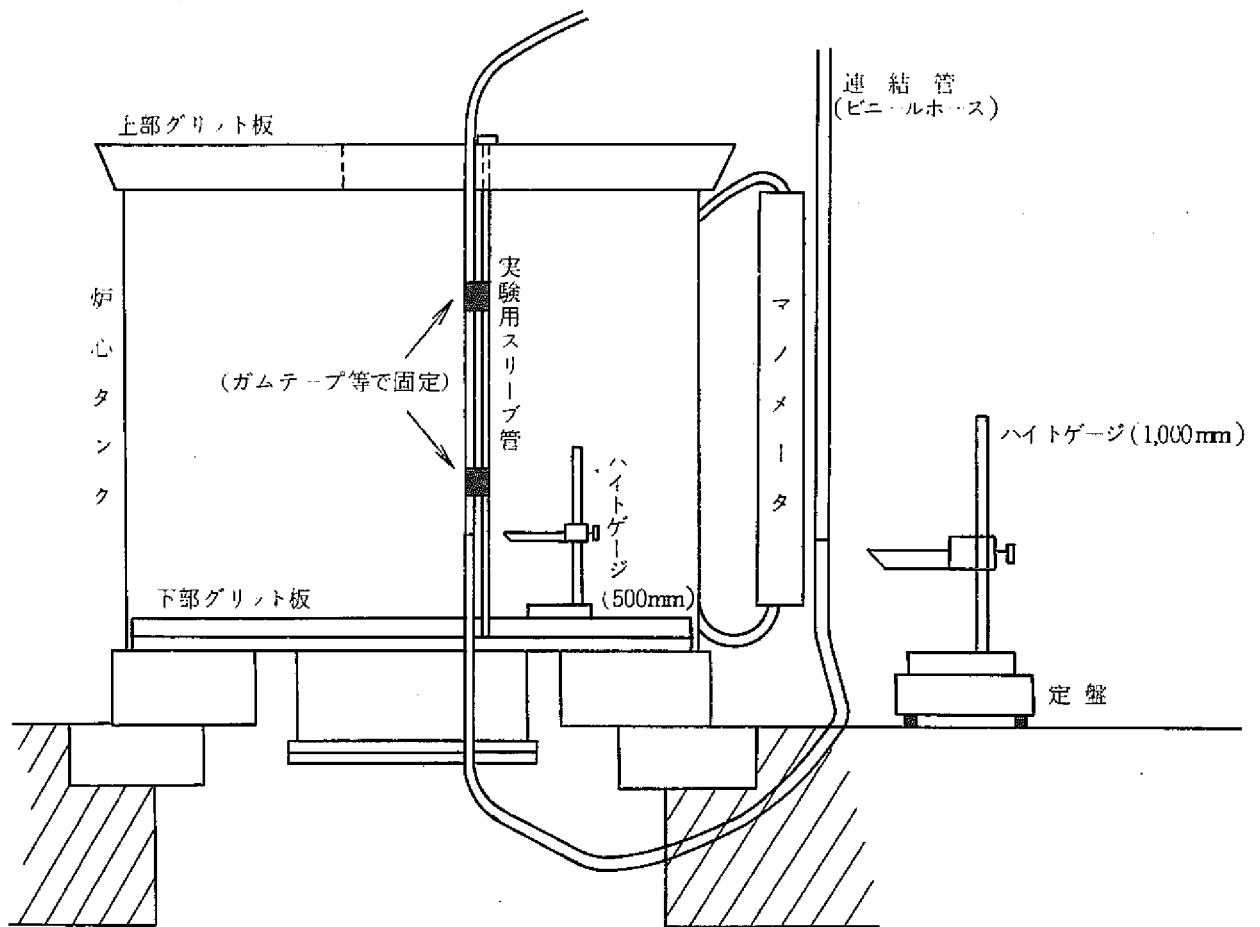
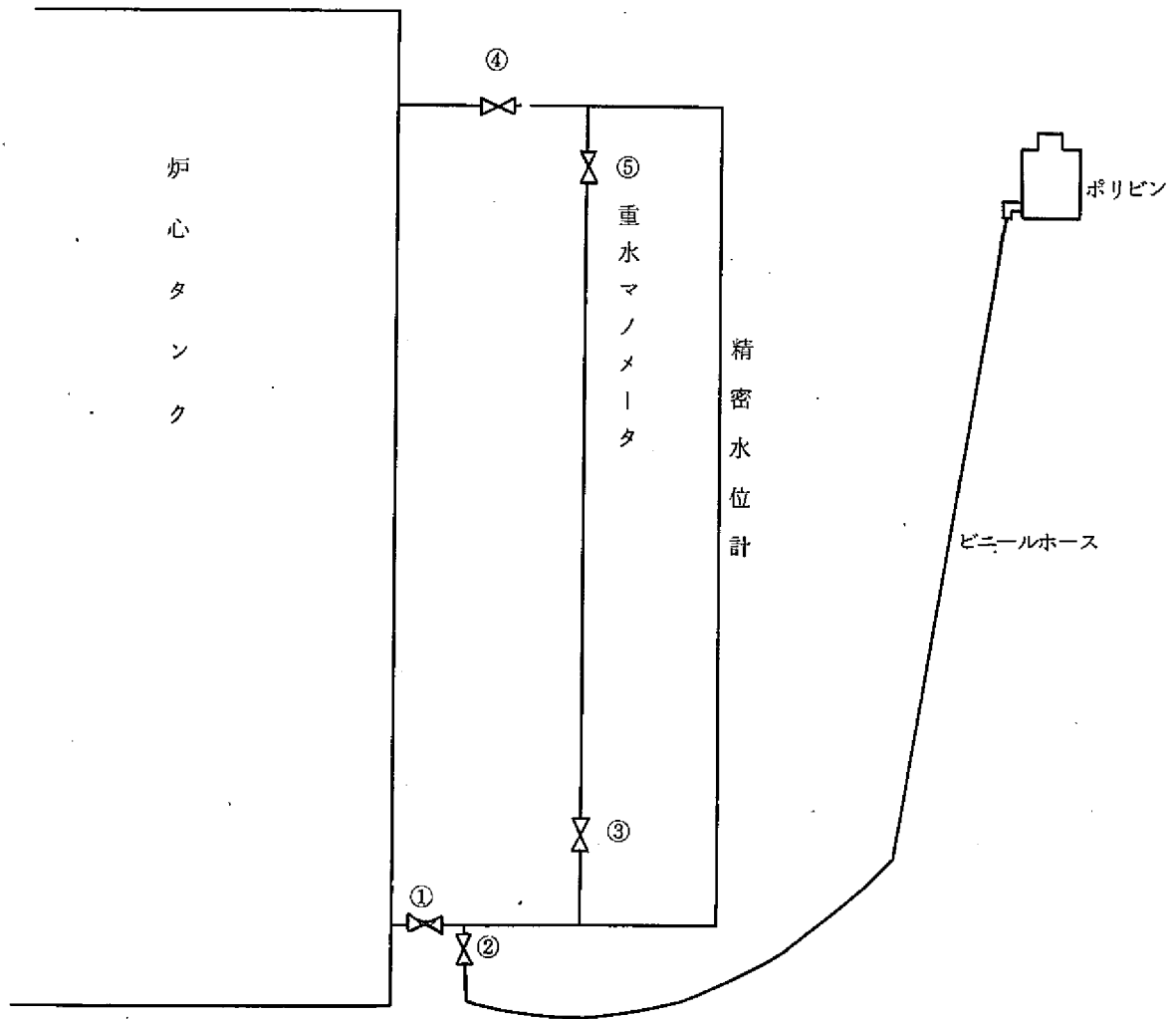
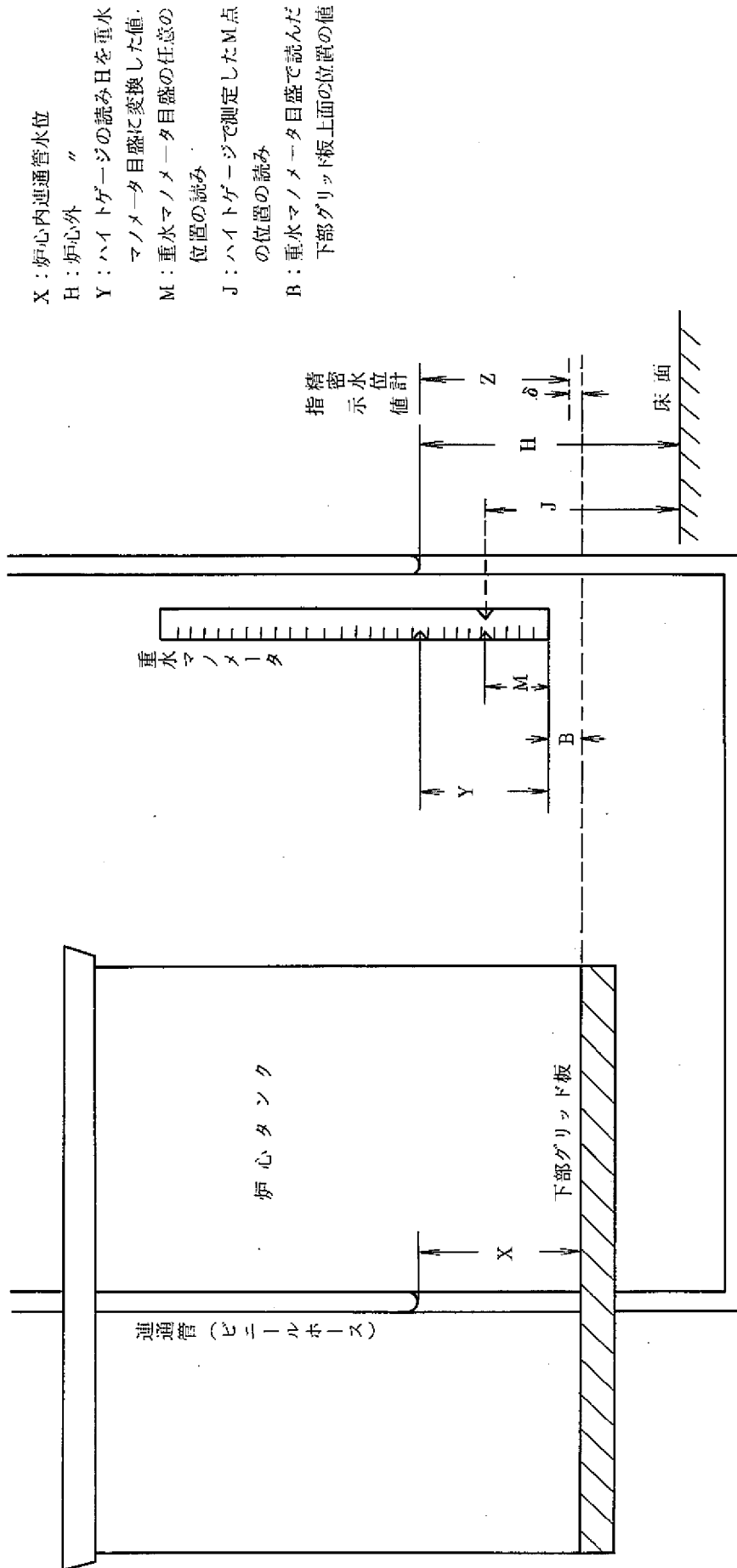


図-2 連通管による重水マンノメータの較正



弁	通常	較正時
①	開	閉
②	閉	開
③	開	開
④	開	開
⑤	開	開

図-3 重水マンノメータによる精密水位計の較正



- X : 炉心内連通管水位
- H : 炉心外
- Y : ハイゲージの読み目を重水マンノメータ目盛に変換した値
- M : 重水マンノメータ目盛の任意の位置の読み
- J : ハイゲージで測定したM点の位置の読み
- B : 重水マンノメータ目盛で読んだ下部グリッド板上面の位置の値

図-4 連通管と重水マンノメータとの位置関係

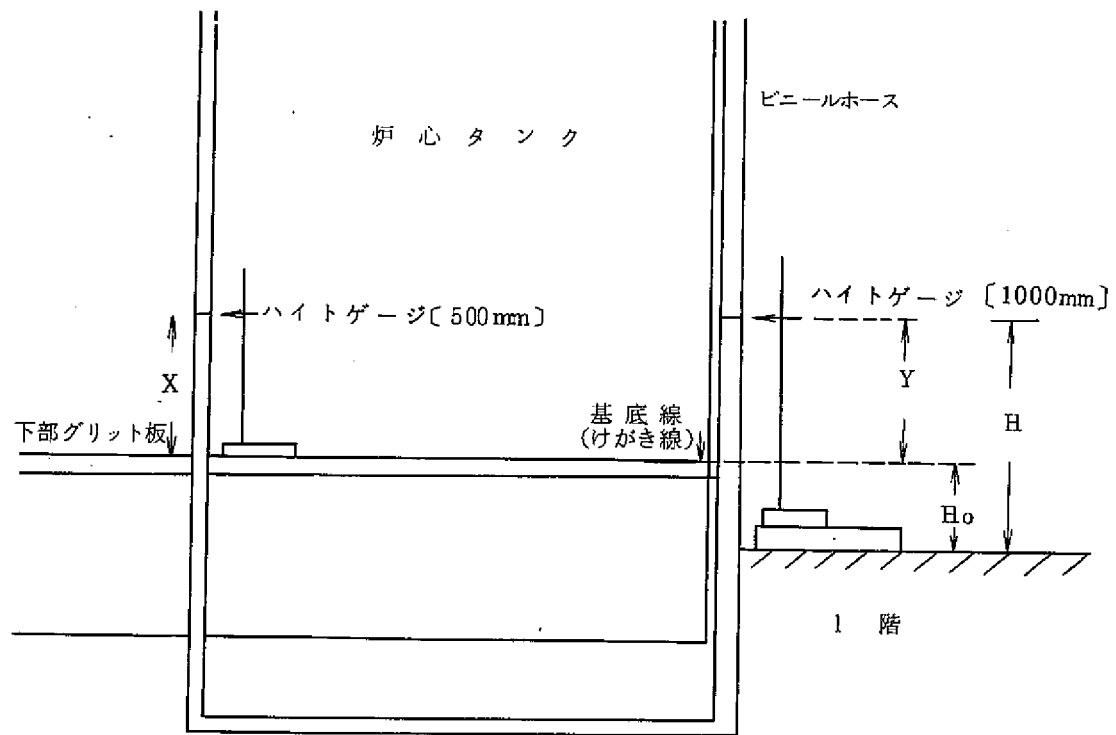


図-5 炉心タンク基底線と下部グリッド板上面とのずれの測定

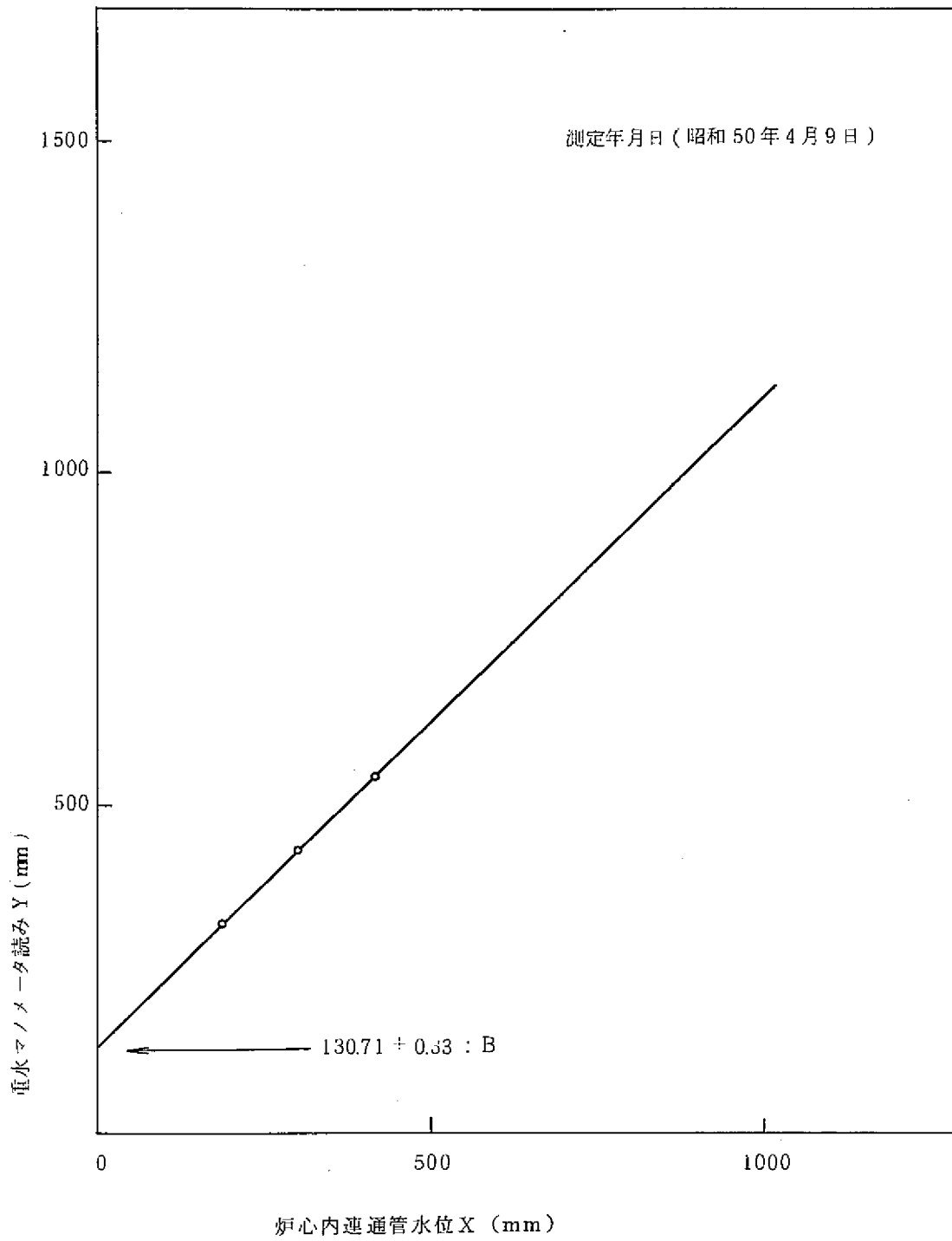


図-6 炉心内連通管水位と重水マンノメータの読みとの関係

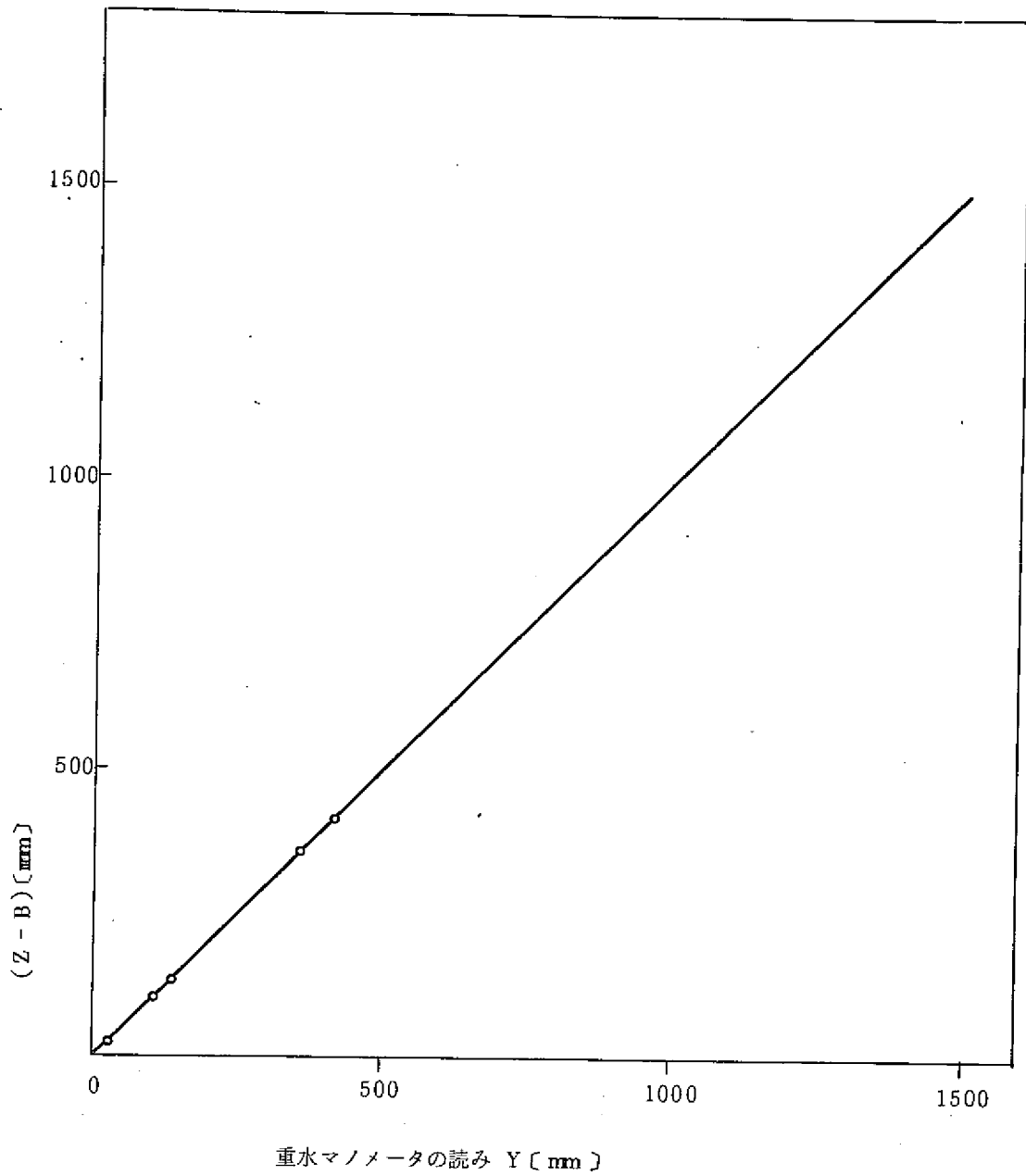


図-7 精密水位計の較正曲線
検査年月日(昭和45年3月)

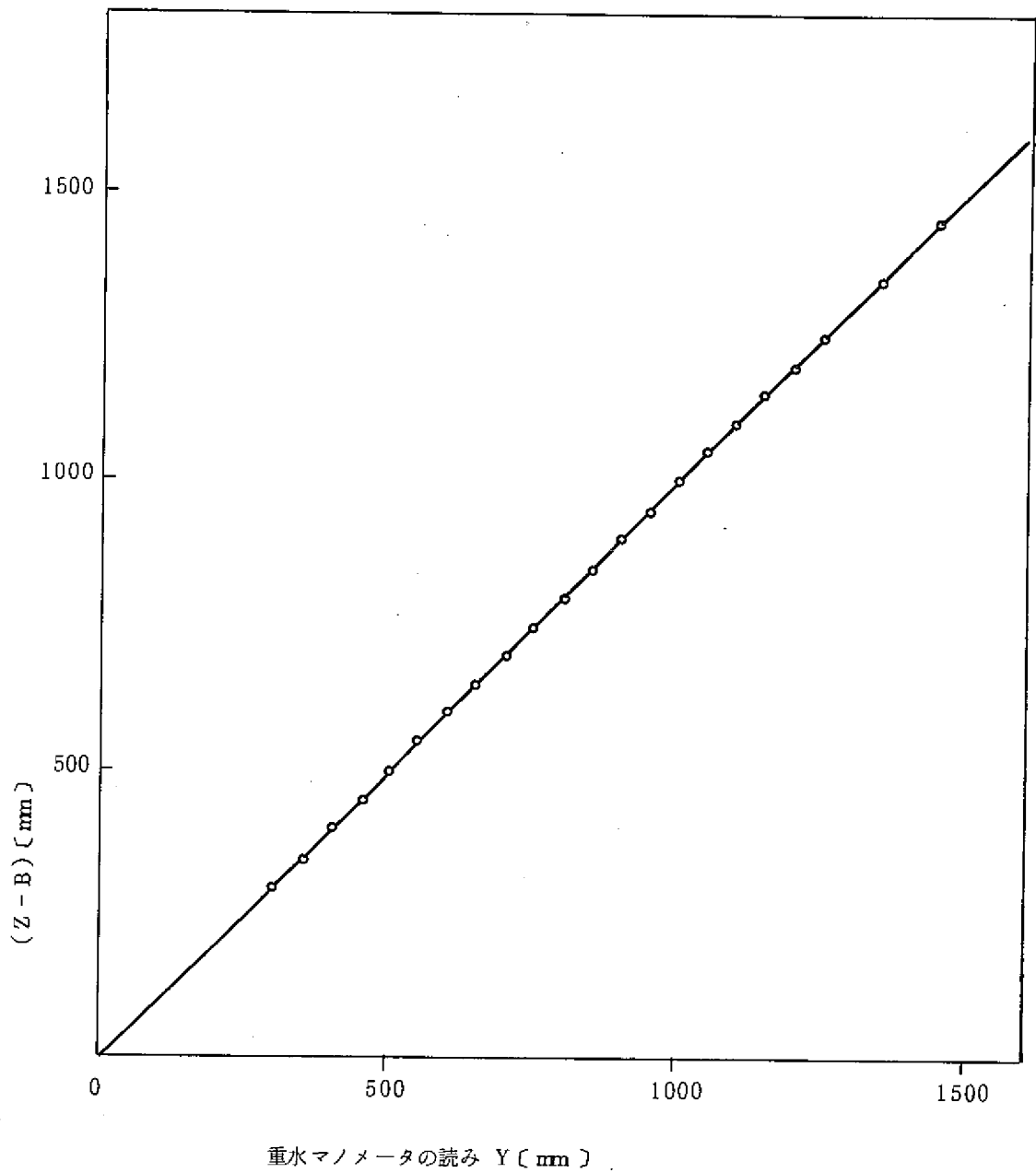


図-8 精密水位計の較正曲線
検査年月日(昭和46年7月24日)

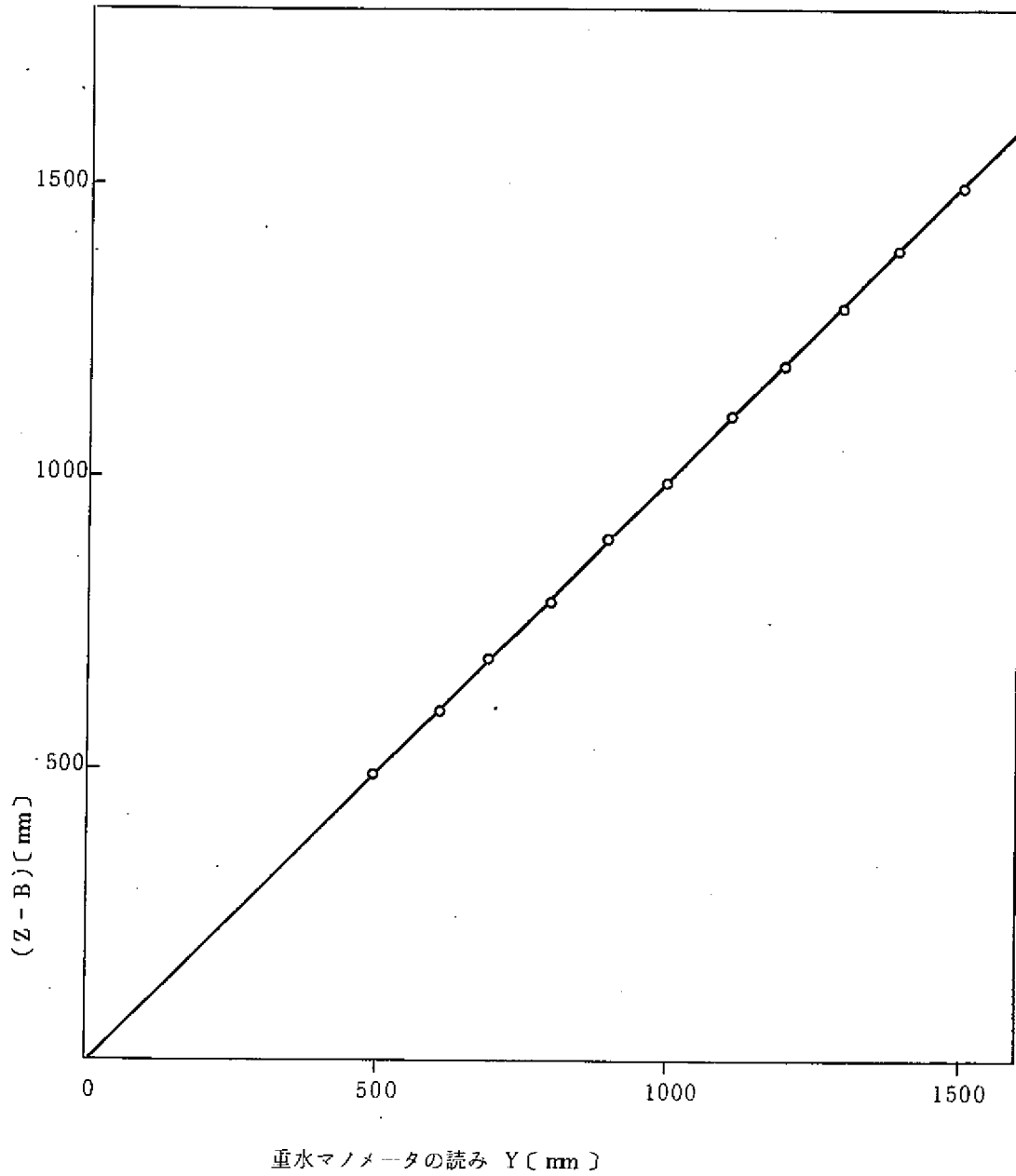


図-9 精密水位計の校正曲線
検査年月日(昭和48年8月3日)

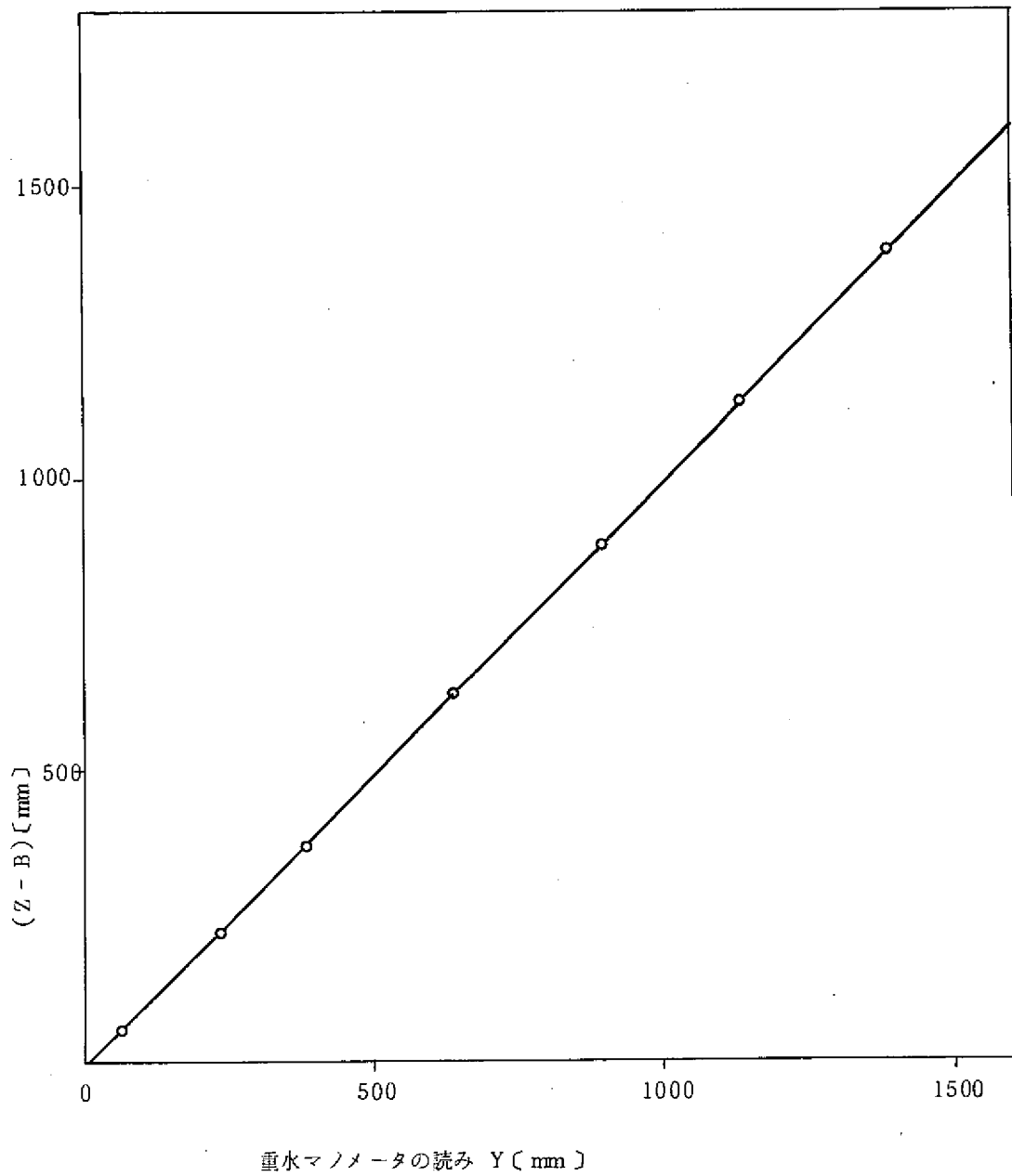


図-10 精密水位計の校正曲線
検査年月日(昭和49年4月2日)第1回

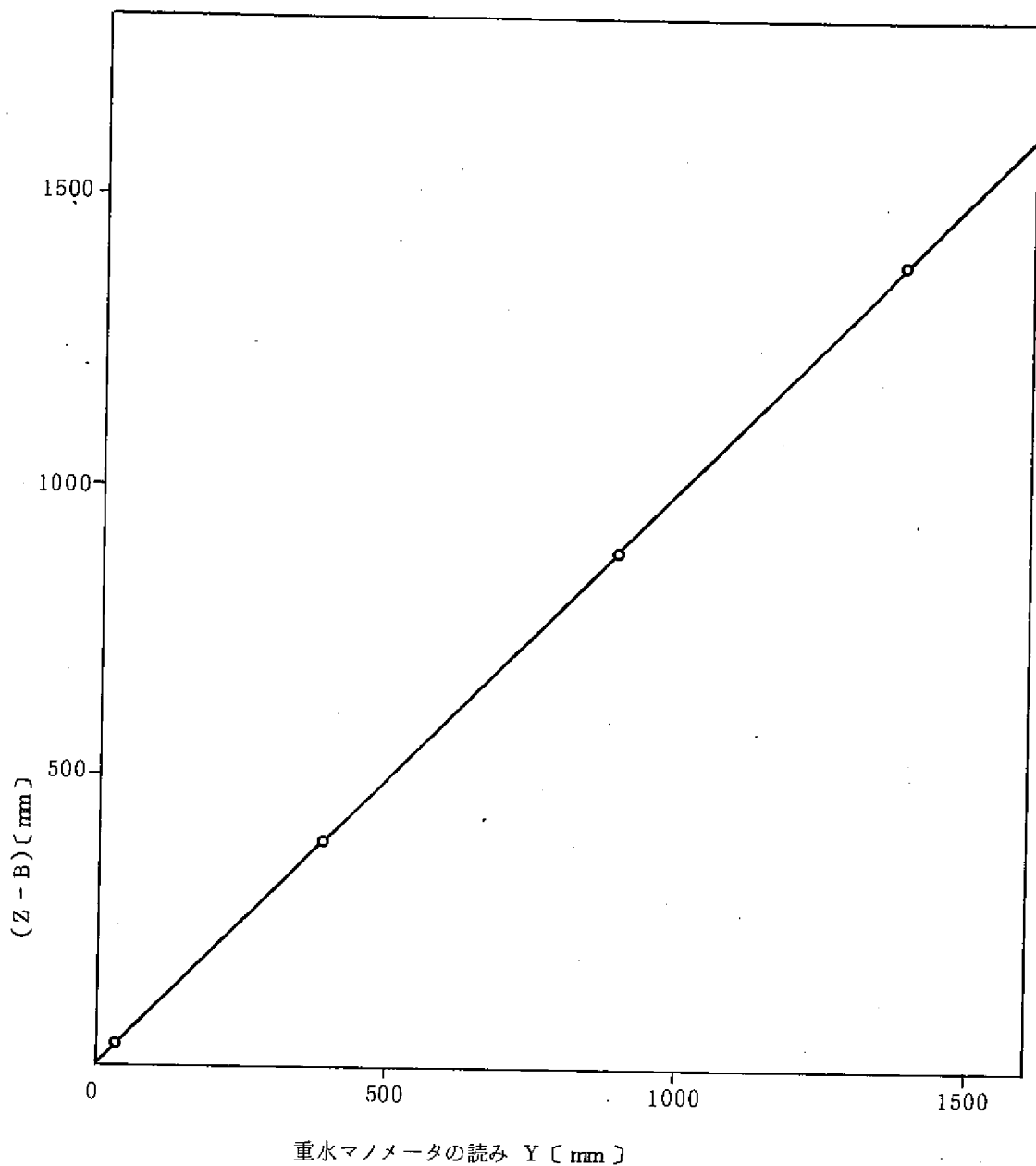


図-11 精密水位計の校正曲線
検査年月日(昭和49年4月2日)第2回

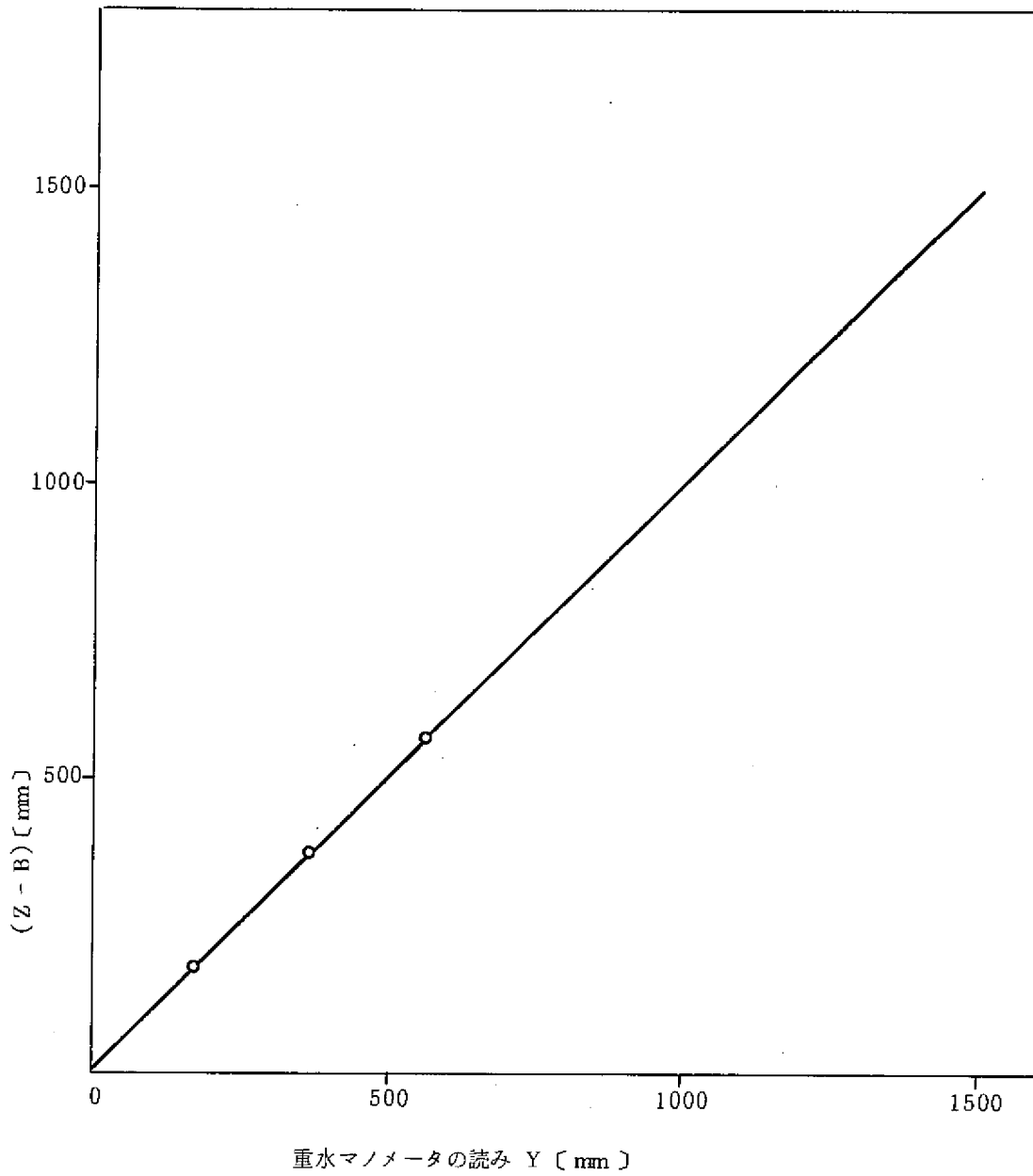


図-12 精密水位計の較正曲線
検査年月日(昭和50年3月24日)

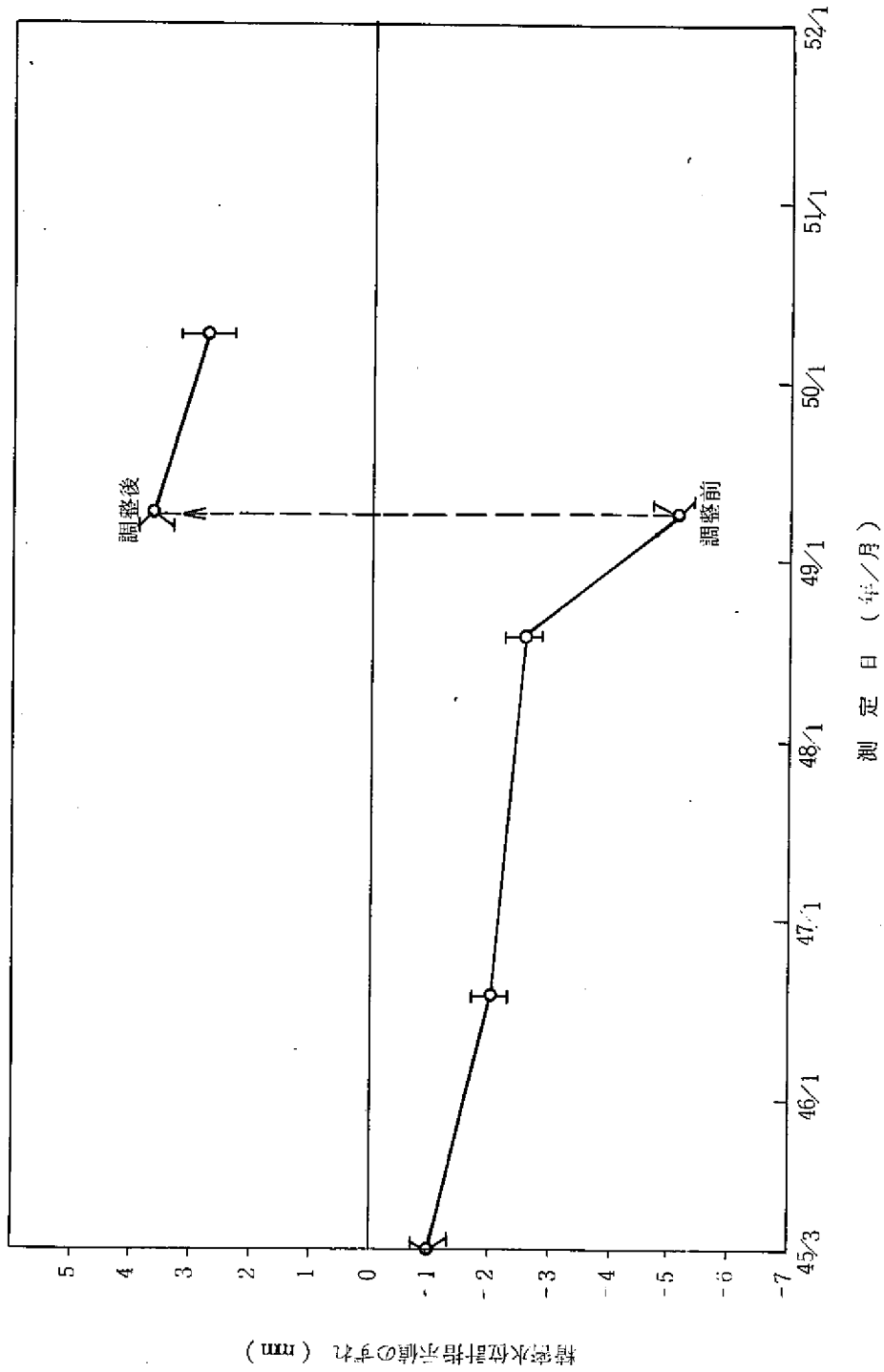
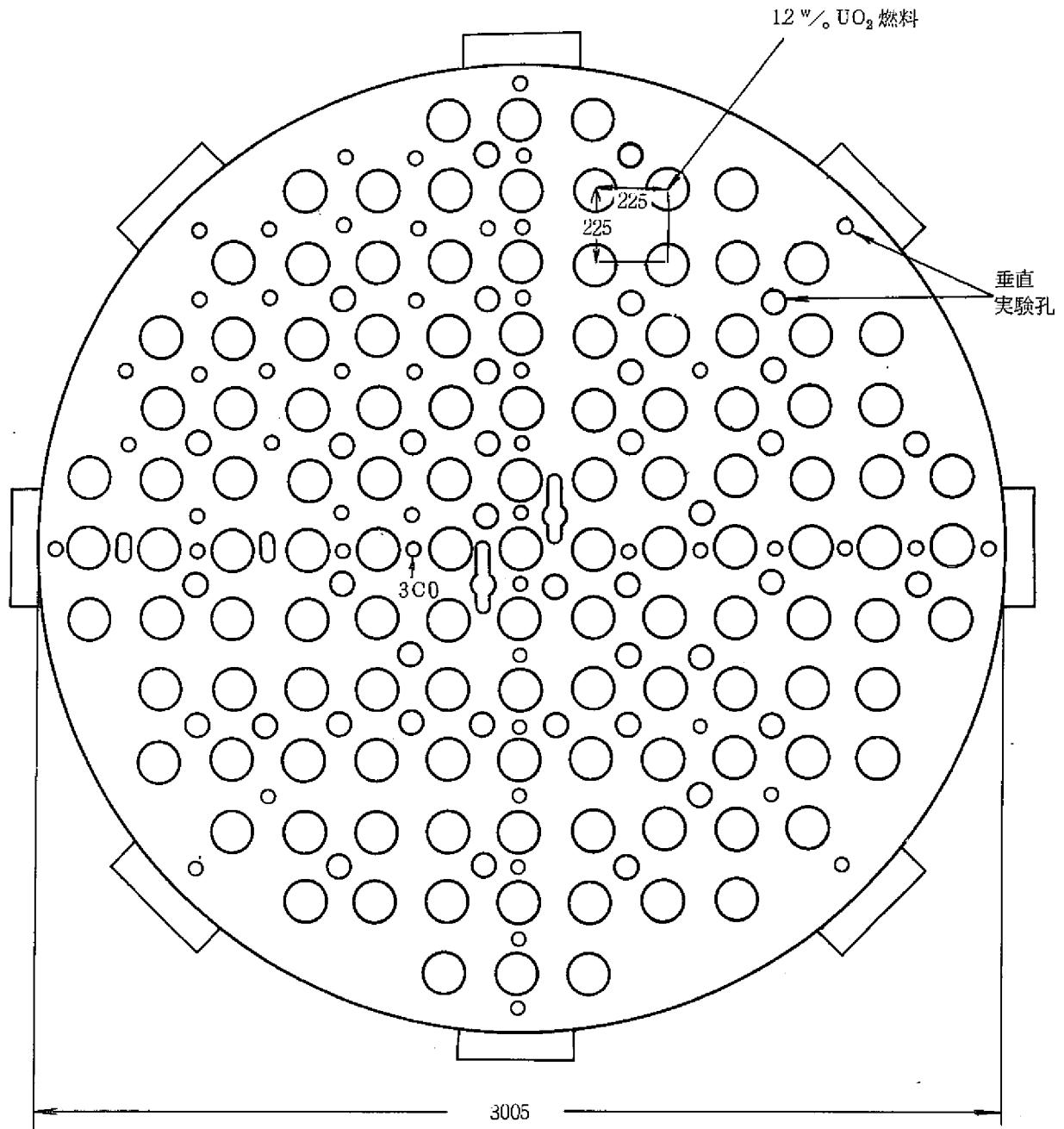


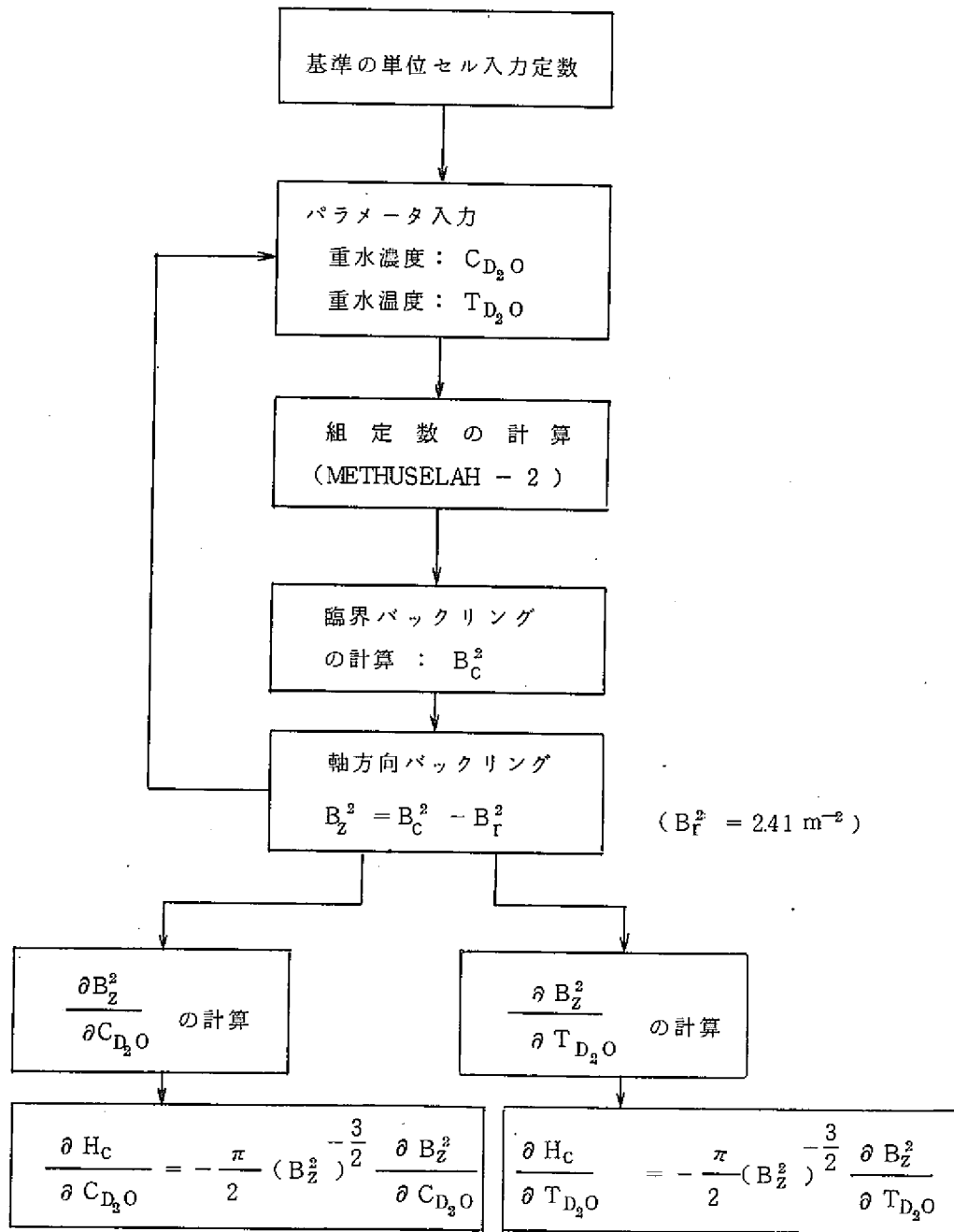
図 - 13 精密水位計指示値のずれの経年変化



全燃料数：121

格子ピッチ：225 cm

図-14 DCA 炉心の形状



(H_C : 臨界重水水位)

図-15 臨界水位の重水濃度および温度依存性の計算方法

表-1 ハイトゲージで測定した重水マンメータスケールの任意の位置の読み

測定日 昭和50年4月9日 単位: mm

重水マンメータ目盛 の任意の位置の読み M	M点に対応するハイ トゲージの読み J	(J - M)	
50.0	550.36	500.36	平均値 500.37±0.36
"	550.32	500.32	
"	550.42	500.42	
"	550.38	500.38	

表-2 重水マンメータ目盛で読んだ下部グリッド板上面の位置の値

測定日 昭和50年4月9日 単位: mm

炉心内連通管水位 X		炉心外連通管水位 H		(J - M)	Hに対応する重 水マンメータの読み Y = H - (J - M)	B = X - Y	
測定値(注)	平均値	測定値	平均値				
431.01	431.01±0.5	800.72	800.72±0.5	500.37±0.36	300.35±0.62	130.66±0.80	平均値 130.71 ±0.33
313.06	313.41 ±0.23	683.38	683.81 ±0.23	500.37±0.36	183.44±0.43	129.97±0.49	
313.52		683.78					
313.23		684.04					
313.56		683.92					
313.70		683.92					
546.54	546.38	915.22	915.24 ±0.43	500.37±0.36	414.87±0.56	131.51±0.59	
546.21	±0.17	915.20					
		915.30					

(注) 炉心内の測定位置は3C0である。

表-3 炉心タンク基底線と下部グリッド板上面とのずれ
(22.5cmピッチ グリッド板)

測定日 昭和50年4月10日

単位: mm

ハイトゲージによる読み				炉心タンク 基底線 H_0	基底線からの 高さ $Y = H - H_0$	基底線と下部グリ ッド板上面とのずれ $\Delta = Y - X$
炉心内連通管水面 X		炉心外連通管水面 H				
測定値	平均値	測定値	平均値			
445.12	445.29 ± 0.31	998.06	997.99 $\pm 0.$	552.18	445.81 ± 0.03	0.52 ± 0.31
445.29		998.00				
445.38		997.92				

表-4 炉心タンク基底線と下部グリッド板上面とのずれ
(25.0cmピッチ グリッド板)

測定日 昭和50年4月18日

単位: mm

炉心内水位 X		炉心外水位 H		ハイトゲージ による基底線 の読み H_0	基底線からの 高さ $Y = H - H_0$	基底線と下部グリッド 板上面とのずれ $\Delta = Y - X$
測定値	平均値	測定値	平均値			
454.84	454.69 ± 0.05	964.56	964.39 ± 0.07	* 508.04 ± 0.03	456.35 ± 0.07	1.66 ± 0.09
454.52		964.38				
454.70		964.24				
421.91	421.93 ± 0.04	931.80	931.71 ± 0.02	" "	423.67 ± 0.02	1.74 ± 0.04
421.90		931.72				
421.99		931.60				
平均値 1.71 ± 0.10						

* 4回測定 of 平均値である。

(508.18
507.98
507.98
508.02

表-5 カセットメータによる精密水位計の校正

測定日 昭和50年5月8日

単位：mm

測定 番号	カセット・メータによる読み		重水水位 $Y = H - H_0$	精密水位計表示 Z	差	
	重水マンメータ水面 H	炉心タンク基底線 H_0			$A = Z - Y$	
1	394.70	245.40	149.30	152.0	2.7	平均値 2.69 ±0.16
2	441.45	"	196.05	199.3	3.25	
3	493.35	"	247.95	250.7	2.75	
4	543.85	"	298.45	300.9	2.45	
5	593.50	"	348.1	350.4	2.3	

表-6 精密水位計の校正(1)

測定日 昭和45年3月

単位：mm

測定 番号	精密水位計指示値 Z	重水マンメータ読み Y	$(Z - B)$ $B = 130.71$	精密水位計指示値のずれ $\delta = (Z - B) - Y$
1	545.6	416.5	414.89	-1.61
2	487.9	358.0	357.19	-0.81
3	236.2	106.0	105.49	-0.51
4	159.6	30.0	28.89	-1.11
5	266.8	137.0	136.09	-0.91
			δ の平均値	-0.99 ± 0.35

表-7 精密水位計の較正(2)

測定日 : 昭和46年7月24日 単位 : mm

測定 番号	精密水位計指示値 Z	重水マノメータ読み Y	(Z-B) B = 130.71	精密水位計指示値のずれ $\delta = (Z-B) - Y$
1	1803.8	1675	1673.09	-1.91
2	1778.6	1650	1647.89	-2.11
3	1731.2	1602	1600.49	-1.51
4	1679.6	1551	1548.89	-2.11
5	1628.6	1500	1497.89	-2.11
6	1577.7	1449	1446.99	-2.01
7	1527.7	1399	1396.99	-2.01
8	1477.9	1349	1347.19	-1.81
9	1428.1	1300	1297.39	-2.61
10	1378.6	1250	1247.89	-2.11
11	1328.1	1200	1197.39	-2.61
12	1277.0	1149	1146.29	-2.71
13	1228.6	1100	1097.89	-2.11
14	1178.3	1049	1047.59	-1.41
15	1127.1	999	996.39	-2.61
16	1078.9	950	948.19	-1.81
17	1028.3	899	897.59	-1.41
18	978.8	850	848.09	-1.91
19	928.8	800	798.09	-1.91
20	878.3	749	747.59	-1.41
21	828.5	700	697.79	-2.21
22	777.7	649	646.99	-2.01
23	729.1	601	598.39	-2.01
24	678.6	549	547.89	-1.11
25	628.3	499	497.59	-1.41
26	579.2	451	448.49	-2.51
27	528.5	400	397.79	-2.21
28	477.9	349	347.19	-1.81
29	427.2	298	296.49	-1.51
			δ の平均値	-1.97 ± 0.33

表-8 精密水位計の較正(3)

測定日：昭和48年8月3日 単位：mm

測定 番号	精密水位計指示値 Z	重水マノメータ読み Y	(Z-B) B=130.71	精密水位計指示値のずれ $\delta = (Z-B) - Y$
1	1627.6	1500	1496.89	-3.11
2	1518.3	1390	1387.59	-2.41
3	1424.2	1295	1293.49	-1.51
4	1320.8	1193	1190.09	-2.91
5	1234.7	1106	1103.99	-2.01
6	1124.8	996	994.09	-1.91
7	1024.8	897	894.09	-2.91
8	922.3	795	791.59	-3.41
9	819.3	691	688.59	-2.41
10	733.3	605	602.59	-2.41
11	622.3	495	491.59	-3.41
			δ の平均値	-2.58 ± 0.36

表-9 精密水位計の較正(4)

測定日：昭和49年4月2日(第1回) 単位：mm

測定 番号	精密水位計指示値 Z	重水マノメータ読み Y	(Z-B) B=130.71	精密水位計指示値のずれ $\delta = (Z-B) - Y$
1	187.3	61	56.59	-4.41
2	355.4	230	224.69	-5.31
3	503.4	379	372.69	-6.31
4	760.9	636	630.19	-5.81
5	1015.7	890	884.99	-5.01
6	1258.0	1132	1127.29	-4.71
7	1513.2	1387	1382.49	-4.51
8	1749.9	1624	1619.19	-4.81
			δ の平均値	-5.11 ± 0.36

表-10 精密水位計の校正(5)

測定日：昭和49年4月2日(第2回) 単位：mm

測定 番号	精密水位計指示値 Z	重水マノメータ読み Y	(Z-B) B = 130.71	精密水位計指示値のずれ $\delta = (Z-B) - Y$
1	164.0	30	33.29	3.29
2	518.0	384	387.29	3.29
3	1021.7	887	890.99	3.99
4	1514.0	1380	1383.29	3.29
5	1808.3	1673	1677.59	4.59
			δ の平均値	3.69 ± 0.36

表-11 精密水位計の校正(6)

測定日：昭和50年3月24日 単位：mm

測定 番号	精密水位計指示値 Z	重水マノメータ読み Y	(Z-B)	精密水位計指示値のずれ $\delta = (Z-B) - Y$
1	304.1	170.0	173.39	3.39
2	500.2	366.5	369.49	2.99
3	696.6	564.0	565.89	1.89
			δ の平均値	2.76 ± 0.45

表-12 精密水位計の校正試験

昭和48年8月3日 単位: mm

重水マノメータ読み Y	精密水位計指示値 Z		(Z-Y)
	炉室	制御室	
1686	1815.7	1815.8	129.8
1597	1726.3	1726.3	129.3
1500	1627.6	1627.6	127.6
1390	1518.3	1518.3	128.3
1295	1424.2	1424.2	129.2
1193	1320.8	1320.8	127.8
1106	1234.7	1234.7	128.7
996	1124.8	1124.8	128.8
897	1024.8	1024.8	127.8
795	922.3	922.3	127.3
691	819.3	819.4	128.4
605	733.3	733.4	128.4
495	622.3	622.3	127.3
406	532.5	532.5	126.5
316	442.6	442.6	126.6
213	339.6	339.6	126.6
113	238.2	238.2	125.2
27	152.2	152.2	125.2

表-13 精密水位計指示値のずれδの経年変化

単位: mm

測定年月日	(Z-Y)	B *	δ
S 45. 3.	129.72±0.12	130.71±0.33	-0.99±0.35
S 46. 7. 24	128.74±0.04	"	-1.97±0.33
S 48. 8. 3	128.13±0.15	"	-2.58±0.36
S 49. 4. 2	125.60±0.14	"	-5.11±0.36
" **	134.40±0.14	"	+3.69±0.36
S 50. 3. 24	133.47±0.30	"	+2.76±0.45

* Bの値は昭和50年4月9日に測定した値である。(表-2 参照)

** 精密水位計の調整を行なう。

表-14 1.2%UO₂燃料装荷炉心の臨界水位

0% void

2.25 cm ピッチ

No.	測定年月日 (年.月.日)	冷却材水位 (mm)	臨界水位の 測定値 (mm)	精密水位計 ずれを補正 した臨界水 位 (mm)	等水位 臨界水位 (mm)	平均臨界 水位 (mm)	D ₂ O温度 (℃)	D ₂ O濃度 (%mol)	備 考
1	45. 7. 6	1500	947.7	949.0	965.2	965.1±0.1	21	99.77	degradation of D ₂ O
2	45. 7.15	1500	947.4	948.7	964.9		22	99.78	
3	45. 7.21	1500	947.7	949.0	965.2		22	99.78	
4	45. 7.25	1500	947.6	948.9	965.1		22	99.78	
5	45. 8. 6	970	961.0	962.3	962.7	963.3±0.6	23	99.80	
6	45.11.13	962	962.3	963.8	963.8		20.5	99.78	
7	45.11.16 46. 2. 8	2000	941.5	943.0	960.7		20	99.78	
8	46.12~ 47.6.8 47. 7.24	970	968.1	970.6	970.6	971.5±0.9	23	99.44	25 cm pitch core
9	49. 9. 3	977	975.7	972.4	972.7		23.5	99.47	

表-15 1.2%UO₂燃料装荷炉心の臨界水位

100% void

2.25 cm ピッチ

No.	測定年月日 (年.月.日)	冷却材水位 (mm)	臨界水位の 測定値 (mm)	精密水位計 ずれを補正 した臨界水 位 (mm)	平均臨界水位 (mm)	D ₂ O温度 (℃)	D ₂ O濃度 (mol%)	備 考
1	45.12.11	0	1132.6	1134.2	1134.3±0.1	21	99.80	degradation of D ₂ O
2	45.12.18 46. 2. 8	0	1132.8	1134.4		21	99.76	
3	46. 3. 9	0	1122.8	1124.5	1126.9±0.9	19	99.52	
4	46. 9.10 46.12~ 47.6.8	0	1126.0	1128.0		25	99.36	
5	47. 9.21	0	1124.3	1126.9		25	99.40	
6	48. 1.13	0	1122.0	1124.6		20.5	99.45	
7	48.10. 1	0	1126.6	1130.1		24	99.40	
8	49. 5.17	0	1130.8	1127.2		17	99.47	

表-16 臨界水位の重水濃度および重水温度依存性

条 件	冷 却 材 ボイド率〔%〕	臨界水位の変化量 (mm)	
		実 測 値	計 算 値
重水濃度が0.1モル% 劣化した場合	0	2.4	1.6
	100	-2.2	-3.0
重水温度が1℃上昇 した場合	0	-	-0.3
	100	0.5	0.6

格子ピッチ: 22.5 cm

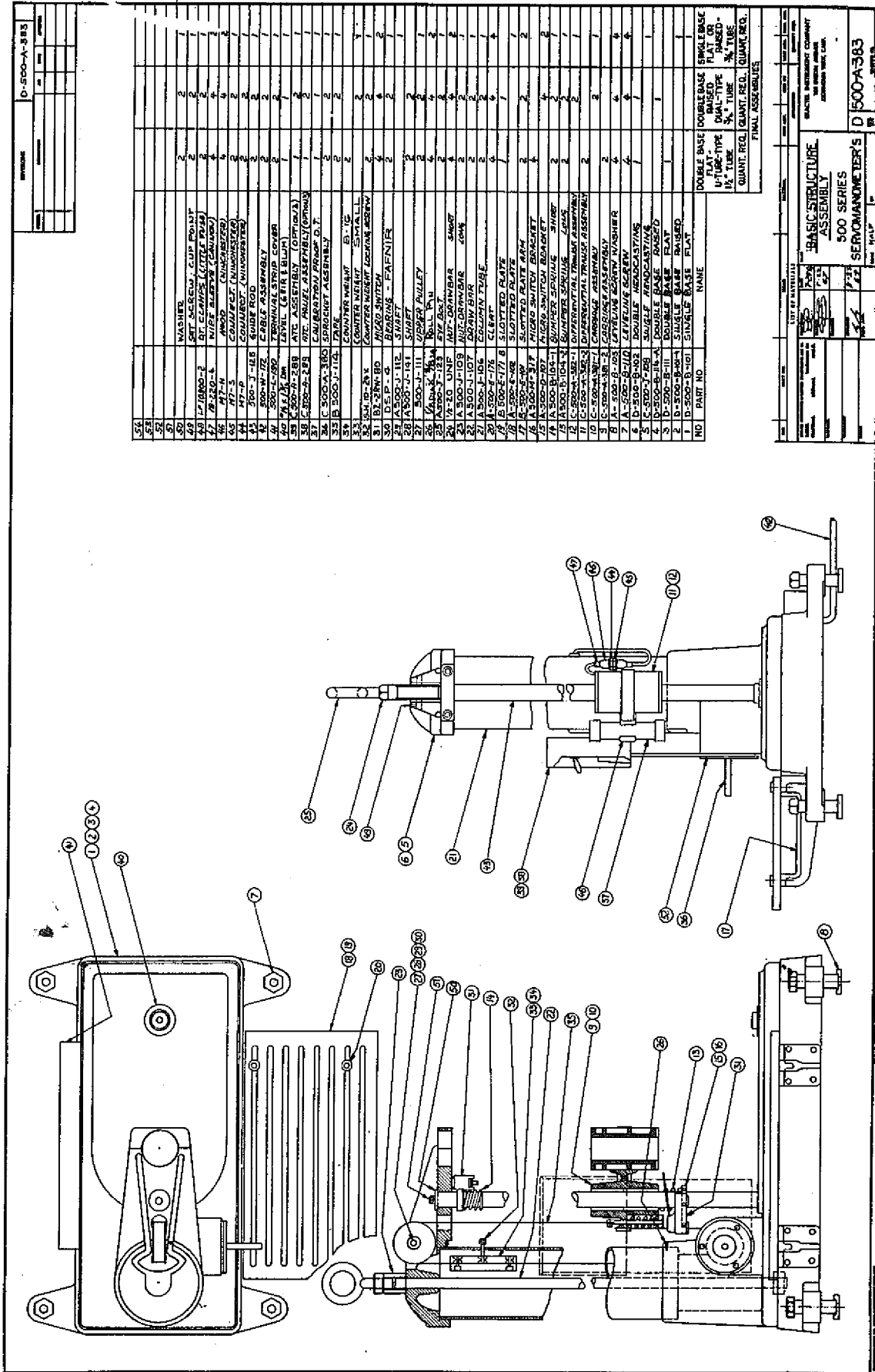
燃 料: 1.2%濃縮 UO_2 121体

付録 I 精密水位計の構造

精密水位計仕様

1. MODEL : 5304 CM-D
2. TYPE : Differential
3. RANG : 304 cm
4. Least Counter Unit : 0010 cm
5. LIQUID : D₂O
6. SLEW RATE : 254 CM/min
7. SERIES : Tank Gaging Series
8. ACCURACY : 0.002" or 0.01 % of reading, whichever is greater
 (上記は水銀を使用した場合で、他の液体を使用したときには約±0.004"精度)
 (下降がある。)
9. 用 途 : 原子炉重水レベル測定 (電気式測定法), 屋内設置 (実測定範囲 0~±2900 mm)
10. 使用温度圧力 : 液温 0~100 ℃ (常用 25 ℃), 圧力 1 Kg/cm² 以下.
11. 電 源 : A.C 100 V, 50 HZ, 1φ
12. 読 取 り : 現場 メカニカルカウンタ cm表示
 中央 撮影表示灯表示する。そのためDigital Encorder を必要とする。
13. Digital Encorder 仕様 :
 出 力 : 2進 10進 無電圧接点, 5桁.
 接点定格 : 20 mA, DC. 28 V以上.
 本エンコーダーを取付け, 調整する。
14. OPTION :
 OP. 5 Stainless Steel Manometer Tubes
 OP. 7 D₂O 用 Float
 OP. 19g Readout Equipment N.P.L (Northern Precision Laboratories INC) 製使用。
 仕様は 13 にて記した通り。
15. その他 :
 標準附属品, 予備品付
 1. サーボモータ × 1
 2. サーボアンプ × 1
 3. セットギア × 1
 4. Perforated Tape × 1
 5. Mechonical Counter × 1
 6. Replacement Tubc × 1
 7. Plumbing fittings sct × 1

(1) 精密水位計の構造



NO.	PART NO.	NAME	QUANT.	REMARKS
54		WASHER	2	
53		SET SCREW, CUP POINT	2	
52		BT SCAMPS (LITTLE PUMP)	2	
51		NIFE BLADES (CAMBROW)	2	
50		ARMATURE (CAMBROW)	2	
49		COMBUST. (CAMBROW)	2	
48		COMBUST. (CAMBROW)	2	
47		COMBUST. (CAMBROW)	2	
46		COMBUST. (CAMBROW)	2	
45		COMBUST. (CAMBROW)	2	
44		COMBUST. (CAMBROW)	2	
43		COMBUST. (CAMBROW)	2	
42		COMBUST. (CAMBROW)	2	
41		COMBUST. (CAMBROW)	2	
40		COMBUST. (CAMBROW)	2	
39		COMBUST. (CAMBROW)	2	
38		COMBUST. (CAMBROW)	2	
37		COMBUST. (CAMBROW)	2	
36		COMBUST. (CAMBROW)	2	
35		COMBUST. (CAMBROW)	2	
34		COMBUST. (CAMBROW)	2	
33		COMBUST. (CAMBROW)	2	
32		COMBUST. (CAMBROW)	2	
31		COMBUST. (CAMBROW)	2	
30		COMBUST. (CAMBROW)	2	
29		COMBUST. (CAMBROW)	2	
28		COMBUST. (CAMBROW)	2	
27		COMBUST. (CAMBROW)	2	
26		COMBUST. (CAMBROW)	2	
25		COMBUST. (CAMBROW)	2	
24		COMBUST. (CAMBROW)	2	
23		COMBUST. (CAMBROW)	2	
22		COMBUST. (CAMBROW)	2	
21		COMBUST. (CAMBROW)	2	
20		COMBUST. (CAMBROW)	2	
19		COMBUST. (CAMBROW)	2	
18		COMBUST. (CAMBROW)	2	
17		COMBUST. (CAMBROW)	2	
16		COMBUST. (CAMBROW)	2	
15		COMBUST. (CAMBROW)	2	
14		COMBUST. (CAMBROW)	2	
13		COMBUST. (CAMBROW)	2	
12		COMBUST. (CAMBROW)	2	
11		COMBUST. (CAMBROW)	2	
10		COMBUST. (CAMBROW)	2	
9		COMBUST. (CAMBROW)	2	
8		COMBUST. (CAMBROW)	2	
7		COMBUST. (CAMBROW)	2	
6		COMBUST. (CAMBROW)	2	
5		COMBUST. (CAMBROW)	2	
4		COMBUST. (CAMBROW)	2	
3		COMBUST. (CAMBROW)	2	
2		COMBUST. (CAMBROW)	2	
1		COMBUST. (CAMBROW)	2	

LIST OF MATERIALS

ASSEMBLY

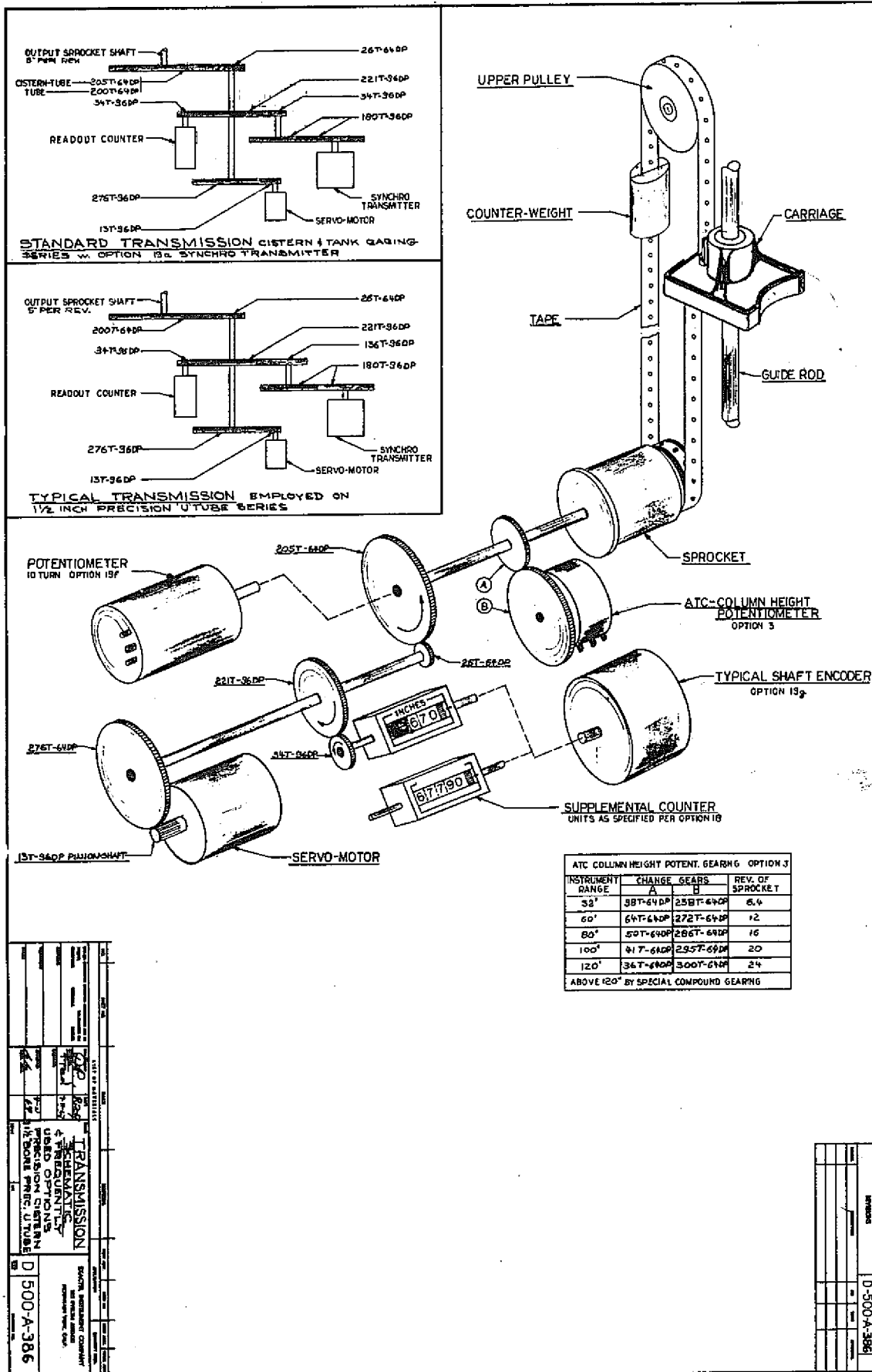
500 SERIES

SERVO-METER'S D 1500A-383

QUANT. REQ. QUANT. REQ. QUANT. REQ.

FINAL ASSEMBLIES

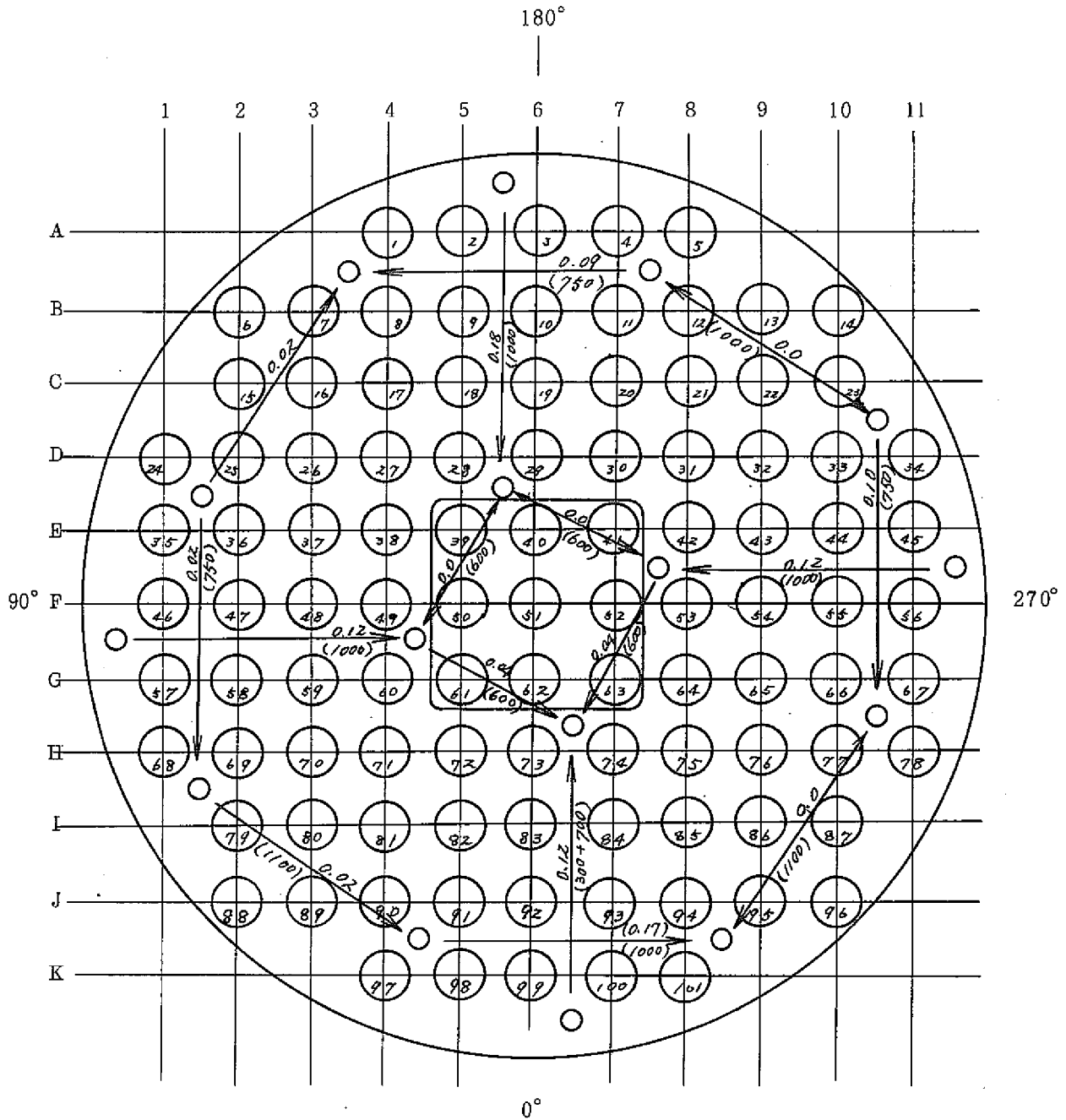
(2) 精密水位計のデジタル変換機構



付 録 Ⅱ 炉心下部グリッド板水平度測定結果

測定日：昭和46年12月13日

1. 225 cm ピッチグリッド板水平度



- 注) ()内の数値は測定間の距離を示す。
 ()なしの数値は測定器の長さ 230mm に対する傾きの量を示す。
 (3) 矢印は矢の始点を基として矢の向きにレベルが高くなることを示す。

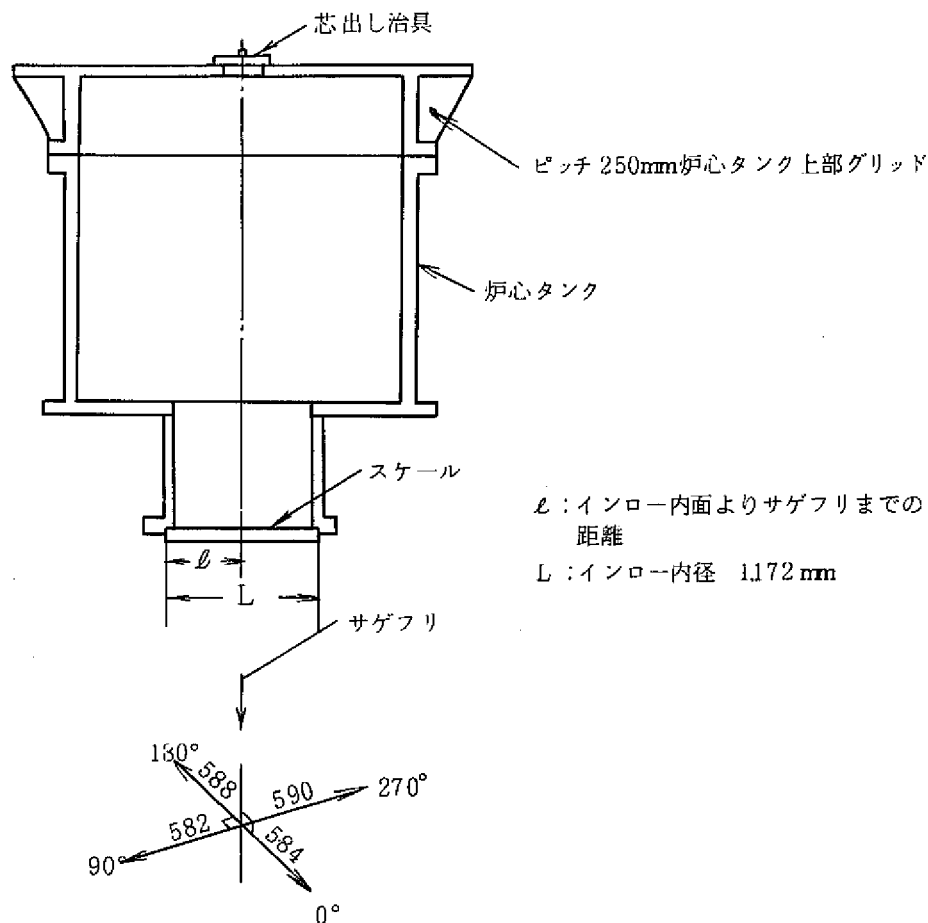
2. 組替後の炉心タンク試験検査報告書
(ピッチ：250mm)

測定項目

- 組替後の炉心タンク組立精度測定
- (1) 炉心タンク中央真直度
 - (2) 下部グリッド板水平度
 - (3) 上部グリッド板水平度
 - (4) 上部, 下部グリッド板の板子点ずれ
 - (5) 中央9チャンネル下部グリッド板燃料格子間隔

(1) 炉心タンク中央真直度測定結果

1) 測定方法

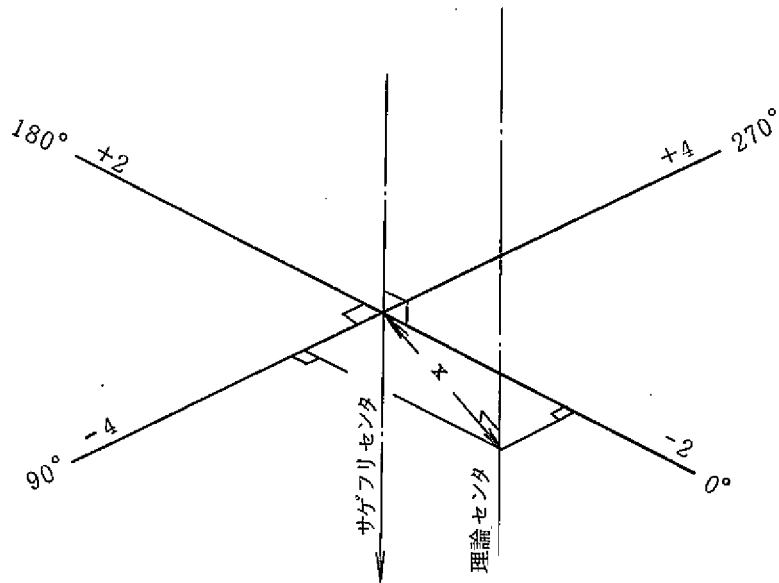


注) 炉心タンク中央真直度の測定の際の“芯出し治具”のセンタ(炉心タンクセンタ)は炉心タンク上部フランジのケガキ線(0°-180°, 90°-27°)より求める。

2) 測定結果

方 位	0°	90°	180°	270°
スケールの読み ℓ (mm)	584	582	588	590
変 差 (mm)	-2	-4	+2	+4

3) 偏心率 (xmm)

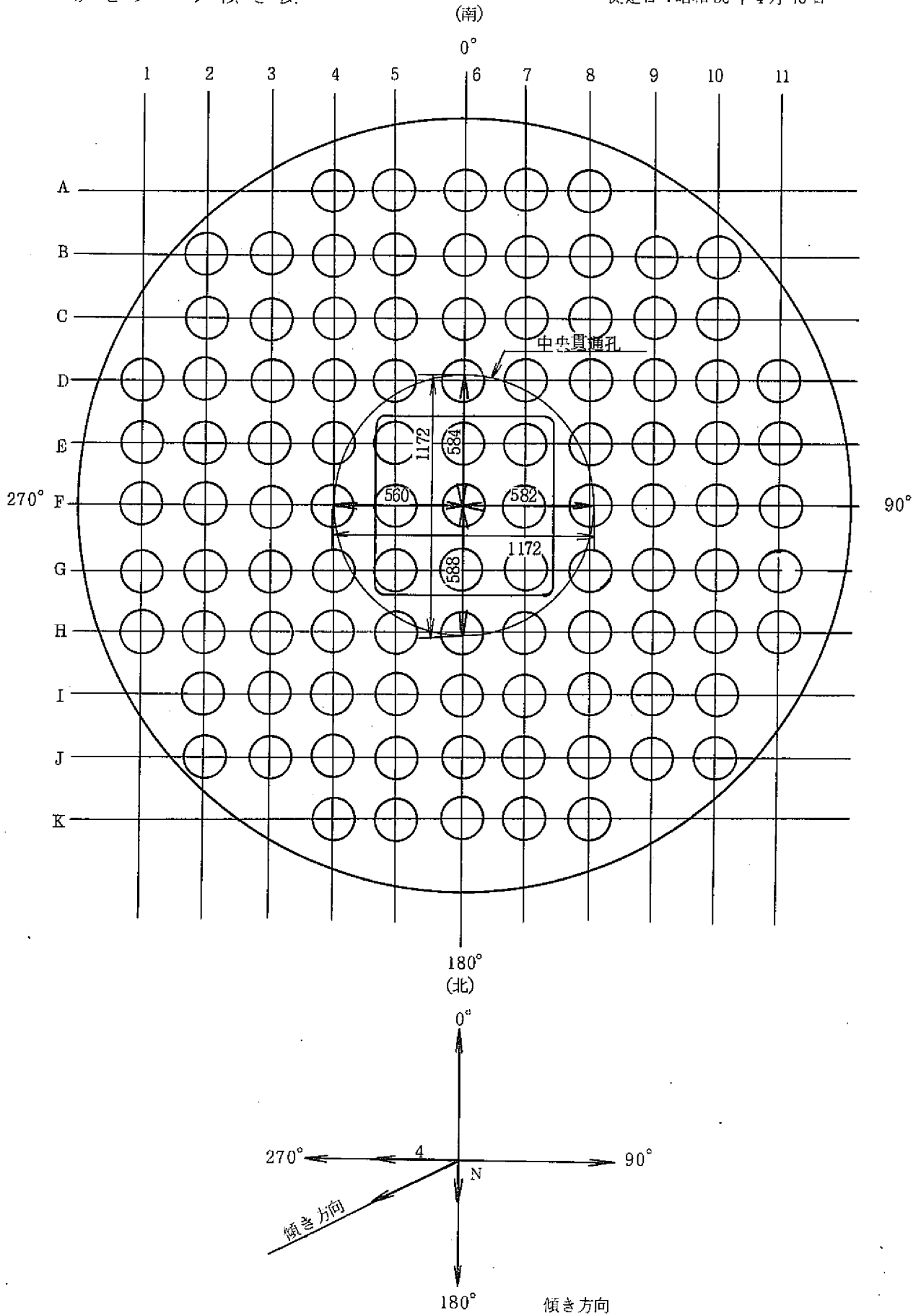


$$\begin{aligned}
 x &= \sqrt{4^2 + 2^2} \\
 &= \sqrt{16 + 4} = \sqrt{20} \\
 &= 4.47 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{x < 5 \text{ mm}}}$$

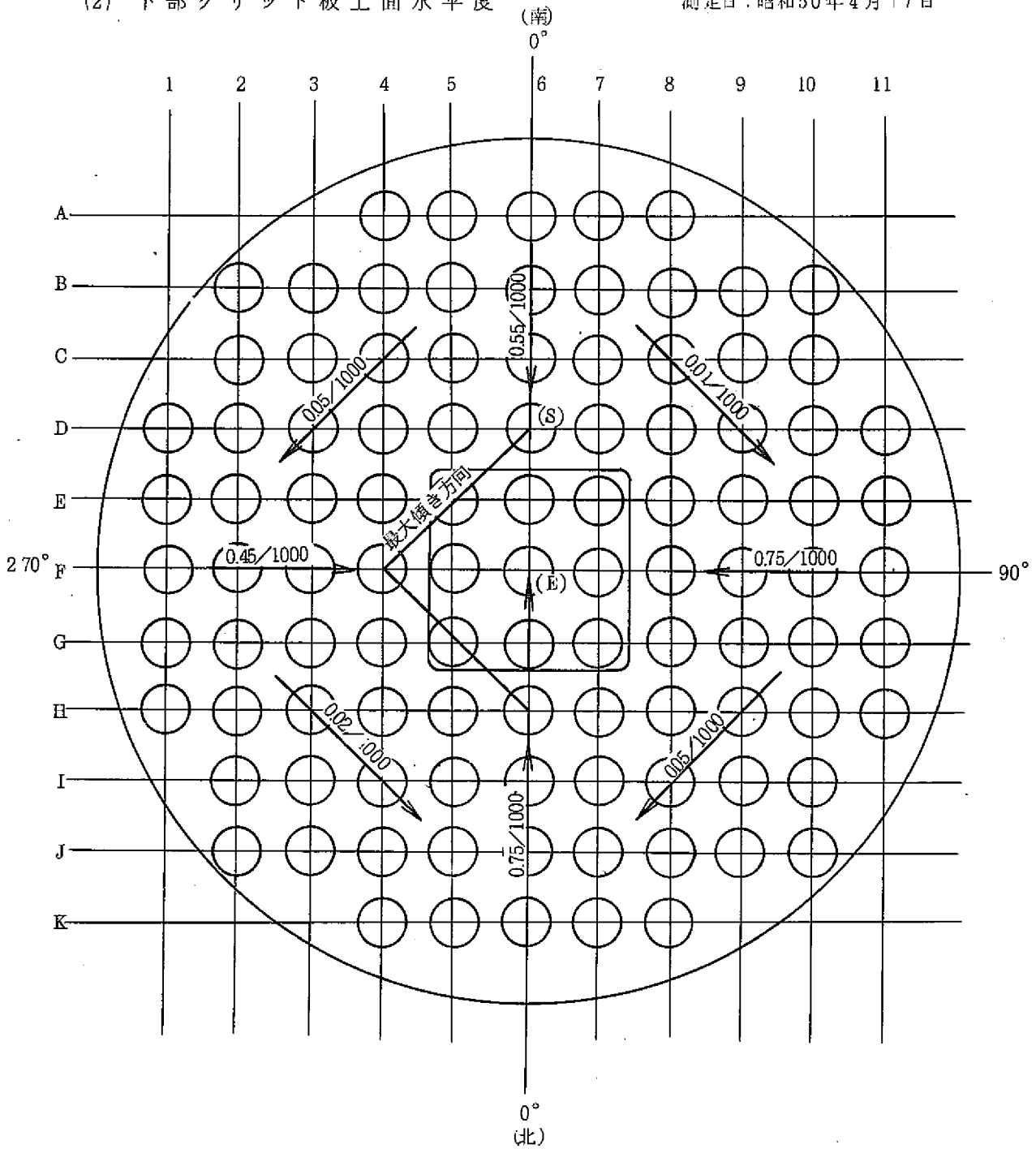
4) 炉心タンク傾き度

測定日：昭和50年4月16日



(2) 下部グリッド板上面水平度

測定日：昭和50年4月17日



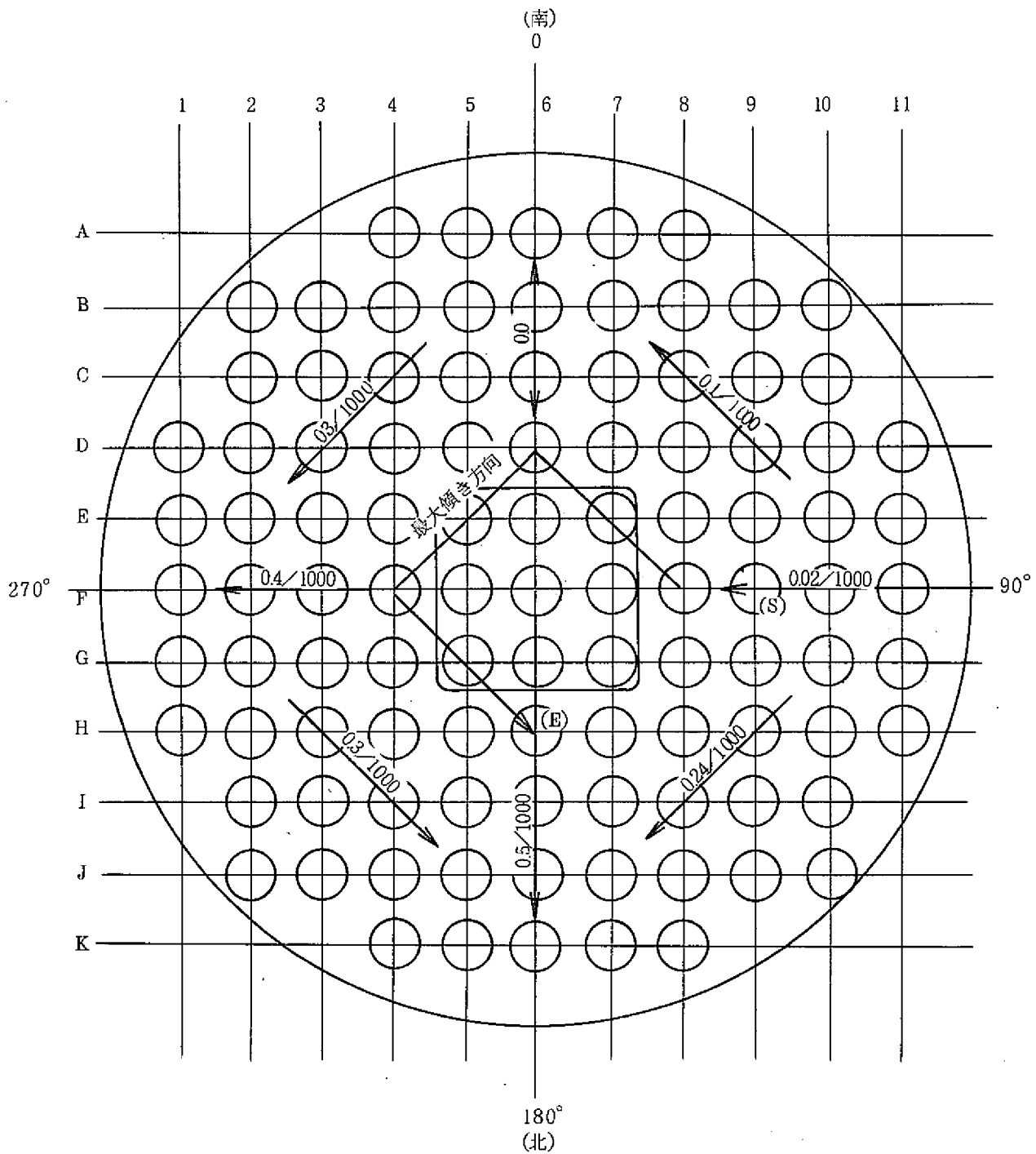
最高レベル差

(1) 方位：(6/A) → (1/F) → (6/K) → (6/F) 測定器具：ストレッチ (1000mmℓ)
 (S) (E) 水準値 (精度 1・100mm)

(2) レベル差：1.019 mm

(3) 上部グリッド板上面水平板

測定日：昭和50年4月17日



最高レベル差

(1) 方位：(11/F) → (6/A) → (1/F) → (6/K)
(S) (E)

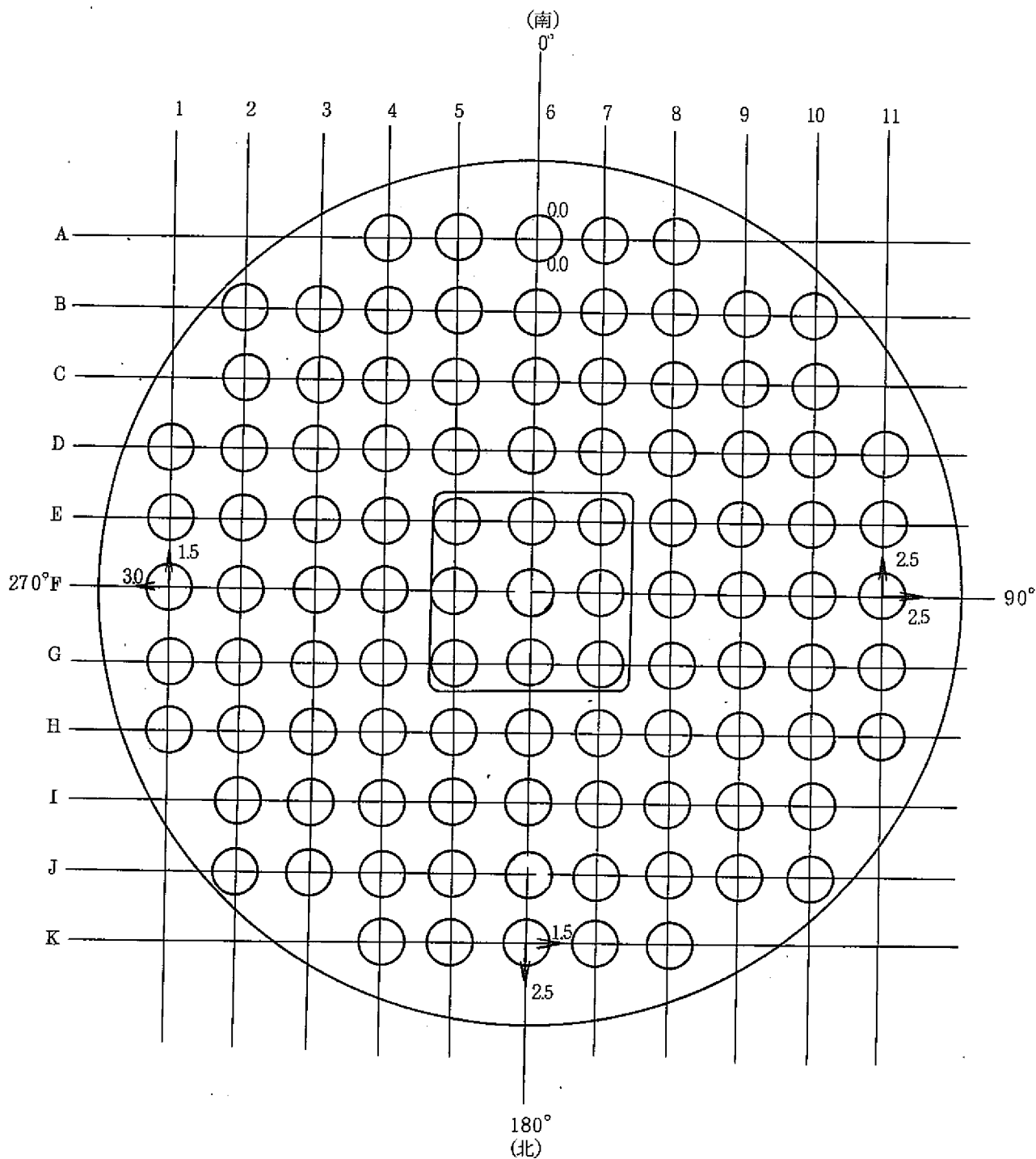
測定器具：ストレッチ(1,000mm ℓ)

水準器(精度： \pm 100mm)

(2) レベル差：1.19 mm

(4) 上下グリッド板間格子間ズレ

測定日：昭和50年4月17日

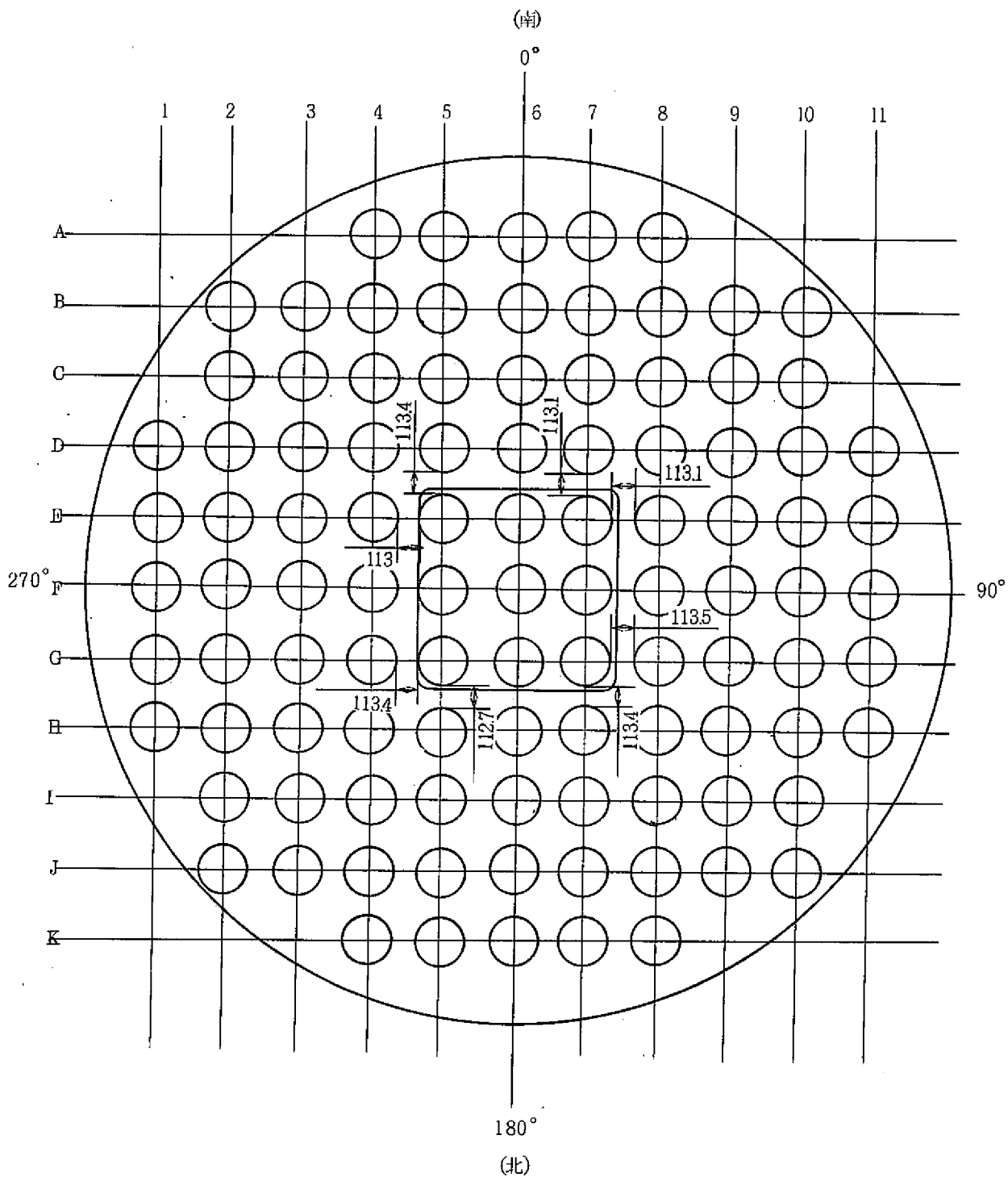


測定器具：サゲフリ

金スケール(1級:150mm)

(5) 下部グリッド板中央格子間隔

測定日：昭和50年4月17日



測定器具：バーニアノギス(精度 1/100mm)

付録Ⅲ DCA 運転記録

Critical level of 1.2%UO₂ loaded core 2.5 cm pitch

(a) 0% void

Date	Coolant level (mm)	Zero point level (mm)	Measured Critical level (mm)	Corrected Critical level (mm)	Remarks			D ₂ O temp. (C)	D ₂ O conc. (mol %)
					Sleeve pipe of C.R. etc	Cu wire, foil etc	Sleeve pipe of BF ₃		
44.12.28	1200	—	9424	951.9	1CS(B)#1, 1BS(A)#2				
45.1.6	1200	—	9389	748.5	"			16.0	99.80
45.1.8	1200	—	9402	949.8	"			14.7	
45.1.8	1200	—	9416	951.1	"			17.0	
45.1.9	1200	—	9454	954.8	"			16.5	
45.1.12	1200	—	9390	948.6	"			14.5	
45.1.12	1200	—	{ 941.1 941.5 942.5	{ 950.7 951.1 952.0	"			17.0	
45.1.12	1200	—	9404	950.0	"			16~18	
45.6.13	2000	—	{ 944.6 945.2					21.0	99.78
45.6.16	2000	—	944.6					22.0	99.77
45.6.23	1800	—	944.6					"	99.79
45.6.24	1600	—	946.2					20.0	"
45.6.26	1400	—	949.2					22.0	"
45.6.29	1050	—	957.0					21.5	99.77
45.6.30	950	—	963.4					22	99.79
45.7.1	950	—	963.8					21.5	"
45.7.2	850	—	981.5					"	"

continued

Date	Coolant level (mm)	Zero point level (mm)	Measured Critical level (mm)	Corrected Critical level (mm)	Remarks			D ₂ O temp. (°C)	D ₂ O conc. (mol %)
					Sleeve pipe of C.R. etc	Cu wire, foil etc	Sleeve pipe of BF ₃		
45. 7. 6	1500	—	947.7	963.9				21	99.77
45. 7.15	1500	69.1	947.4	963.6				22	99.78
45. 7.16	1500	69.3	947.7	963.9		0 ch-Cu, Au, Cd foil		20.5	"
45. 7.17	1500	69.6	947.8	964.0		0 ch-Cu, Au, Dy foil		22.5	"
45. 7.17	1500	69.1	947.4	963.6		0 ch-U foil, 5B1-Co foil		22	"
45. 7.21	1500	69.2	947.7	963.9	0, 2CO ch thermo couple		1A1温度測定用	"	"
45. 7.25	1500	69.6	947.6	963.8				"	"
45. 7.29	1500	69.5	947.4	963.6		1A1-Au, Mn, Dy foil 3B1-Co, Dy foil		"	"
45. 7.29	1500	69.7	947.4	"		0 ch -Cd, Au, Cu 3B1-Co 1A1-Au, Lu, U		"	"
45. 7.31	1500	69.5	949.0			1A1, 5B1-foil入り		23	"
45. 8. 6	970	69.8	960.9	961.4		0, 2CO, 1A1 熱電対		"	99.80
45. 8. 6	970	69.9	961.0	"		0, 1A1-Cu ワイヤ		"	"
45. 8. 7	970	69.2	961.2		Ⓐ # 2 7 D 1	0 Ch-Cu wire, Dy foil 5 B1-Au foil		23	99.80
45. 8. 7	970	69.8	962.2		"	Cd 付Cu ワイヤ 6本		24	"
45. 8.19	1500	69.3	947.4	963.6	"	Sector foil 40ヶ入り		27	"
45. 8.19	1500	69.2	948.4	964.6	"	"		"	"
45. 8.20	1500	69.3	948.9	965.1	"	"		25.5	"
45. 8.20	1500	68.9	947.7	963.9	"	"		26.2	"
45. 8.21	1500	69.2	948.1	964.3	"	0 ch -Cd 付 foil		25.5	"
45. 8.27	3303	69.4	943.3		Ⓐ # 2 1 D 5 Ⓑ # 1 1 B 5		0, 2CO, 4CO ch thermo couple	24	99.79
45. 9. 9	1500	68.6	948.8	965.0	"	Cu wire 40本		23	"
45. 9.10	1500	69.5	948.0	964.2	"	1A1-Au, Mn foil		24	"

continued

Date	Coolant level (mm)	Zero point level (mm)	Measured Cri- tical level (mm)	Corrected Critical level (mm)	Remarks			D ₂ O temp (°C)	D ₂ O conc. (mol %)
					Sleeve pipe of C, R, etc	Cu wire foil etc	Sleeve pipe of B.F. ₃		
45. 9.14	1500	69.8	947.9	964.1	Ⓐ #2 1 D 5 Ⓑ #1 1 B 5	0ch-foil		24	99.79
45. 9.29	1500	69.2	948.3	964.5	"	Cu 74+ 36 本		23	"
45.11. 2	962	68.3	963.5		Ⓐ #2 1 D 5 Ⓑ #1 7 A 7	0 ch -Dy foil	5B5, 5C5, 0D7 7C3, 0B7, B8 1/2 φ 5 本	21	99.75
45.11. 6	962	69.7	965.1		"	Dy foil カサ付		20	"
45.1.12	962	69.7	959.6		"	0 ch -bare U-Aℓ foil (5 (A-D) 5-monitor foil		"	99.78
45.1.12	962	69.7	962.2		"	0ch -Cd, U, Aℓ foil		20.5	"
45.1.13	962	69.7	959.9		"	0 ch -bare U, Aℓ foil		20	"
45.1.13	962	69.7	962.3	962.3	"	"		20.5	"
45.1.16	2000	69.4	941.5	959.2	"	"		20.5	"
46. 2. 9	1200	69.2	958.0	967.1	Ⓐ #2 7 D 1 Ⓑ #1 7 A 7			20	"
46. 2.12	1200	69.0	965.5	974.4	"			"	99.55
46. 2.17	1200	69.2	958.9	968.0	"	0 ch リング Cd, EU, DU		"	"
46. 2.17	1200	69.6	958.6	967.7	"	"		18.5	"
46. 2.18	1200	69.2	958.6	"	"	"		19	"
46. 2.18	1200	68.7	958.8	967.9	"	"		"	"
46. 2.18	1200	68.7	958.7	967.8	"	0 ch, 第1 リング } foil 8枚 D ₂ O 中		"	"
46.10.11	2000	43.8	925.0		Ⓐ #2 7D5 S.R. Ⓑ #1 7A7 3A5.3 (BCD)5			22.5	99.46
46.1.26	2000	68.2	952.9		" 3 (AC) 5.5 (BD) 3 S.R.	0 ch -DU, EU, Dy, Cd		19.5	99.45
46.1.27	2000	68.5	951.5		"	0 ch -Dy (26枚), Au (4枚)		20.5	"
47. 7.24	970	69.0	968.1	968.1	Ⓐ #2 7D5 S.R. Ⓑ #1 7A7 3 (A-D) 3			23	99.44
47. 7.24	970	68.9	969.6		"	Sleeve pipe 8本入り		"	"
47. 7.24	963	67.6	970.1		"			"	"

continued

Date	Coolant level (mm)	Zero point level (mm)	Measured Critical level (mm)	Remarks			D ₂ temp. (°C)	D ₂ conc. (mol %)
				Sleeve pipe of C.R. etc	Cu wire foil etc	Sleeve pipe of BF ₃		
47.8.22	977	680	968.3	Ⓐ #2 7D5 S.R. Ⓑ #1 1B7 3(AB)3.3 (CD)5	0 ch, 1C1, 3C3-DU, Cd		23	99.44
47.8.28	970	680	969.2	"	0 ch-DU, EU, Cd 8枚		25	"
47.8.29	970	67.6	967.2	"	"		26	"
47.8.29	970	67.5	967.1	"	" 24枚		26.5	"
47.8.30	970	68.5	967.3	"	0ch-DU, EU, Cd		26	"
47.8.31	970	68.4	968.8	"	"		25	"
47.9.1	970	68.5	968.7	"	"		24	99.46
47.9.18	2300	67.6	950.1	"	Cu wire 数10本		24.5	99.45
49.5.23	960	72.9	977.2	Ⓐ #2 1C5 S.R. Ⓑ #1 1B7 3(A-D) 3		1B1. 3D1. 1D5, 1B7	19	99.47
49.5.23	980	74.3	976.3	"	Cu wire: 0, 1A1 ch	"	"	"
49.6.11	977	74.7	973.6	"	0ch--foil		20	"
49.9.3	977	74.1	975.7	"			23.5	"
49.9.4	976	73.6	976.0	"	Cu wire: 0, 1A1 ch		23	"

Critical level of 1.2%^wUO₂ loaded core 2.5 cm pitch

(b) 100% void

Date	Coolant level (mm)	Zero point level (mm)	Measured Critical level (mm)	Remarks			D ₂ O temp. (C)	D ₂ O conc. (mol %)
				Sleeve pipe of C.R.etc	Cu wire foil etc	Sleeve pipe of BF ₃		
45.12. 3	0	698	1125.7	① #2 ② #1	7 D 1 7 A 7	軽水中心 1ch 残り	21	99.76
45.12. 11	0	696	1132.6	"	"	Cu wire fuel: 27本 D ₂ O: 2本	"	99.80
45.12. 11	0	686	1133.2	"	"	"	"	"
45.12. 18	0	696	1132.8	"	"	1C0-1C1-0D1 を囲む region 1c foil	"	99.76
45.12. 24	0	697	1133.6	"	"	"	20.5	99.77
46. 1. 5	0	683	1129.7	"	"	"	17	"
46. 1. 6	0	692	1129.5	"	"	1A1, 1D1: Dy, Au, Cu foil	"	"
46. 1. 6	0	694	1130.7	"	"	1C0-1C1-0D1 を囲む region 1c foil	"	"
46. 1. 7	0	694	1130.2	"	"	0 ch-Dy 6 枚	16	"
46. 1. 7	0	695	1130.5	"	"	0 ch-Cu, Lu, Au foil	20	"
46. 1. 8	0	694	1131.0	"	"	1C0-1C1-0D1 を囲む region 1c Cu, Rh, Eu, La foil	17	"
46. 1. 11	0	689	1130.0	"	"	Cu wire -50mmL fuel 中 12本	"	99.73
46. 2. 22	0	687	1120.6	"	"	(0ch-Cd カバ- EU, DU 各 3 枚 (5BS-EU, DU, AU 各 1枚	21	99.49
46. 2. 22	0	691	1119.3	"	"	(0ch-EU, DU, 各 3 枚 (5BS-EU, DC, Au 各 1枚	"	"
46. 2. 23	0	689	1119.3	"	"	0ch, 0 (BD)3-Dy, Au foil	"	"
46. 2. 23	0	690	1120.8	"	"	0ch-Cu, Lu foil	"	"
46. 2. 24	0	693	1120.8	"	"	"	"	"
46. 3. 9	0	696	1122.8	"	"	"	19	99.52
46. 4. 27	0	683	1133.0	"	"	1C0, 0B3, 0D3	-	"
46. 6. 14	0	686	1128.3	"	"	0ch-Dy foil	20	99.50

continued

Date	Coolant level (mm)	Zero point level (mm)	Measured Critical level (mm)	Remarks			D ₂ O temp (°C)	D ₂ O conc (mol %)
				Sleeve pipe of C.R. etc	Cu wire foil etc	Sleeve pipe of BF ₃		
46.6.14	0	69.4	1129.7	Ⓐ #2 7D1 Ⓑ #1 7A7	0ch-DU, EU		20	99.50
46.6.15	0	69.2	1130.2	"	0ch-Dy, Cd		20.5	"
46.6.15	0	69.3	1129.7	"	0ch-DU, EU各6枚		20	"
46.6.16	0	69.0	1128.0	"	"		"	"
46.9.10	0	68.7	1126.0	Ⓐ #2 7D5 SR Ⓑ #1 7A7 3A5, 3(B,C,D) 3			25	99.36
46.9.11	0	68.9	1126.7	"	0ch, 1C1-Cu wire		24	"
47.9.21	0	68.5	1124.3	Ⓐ #2 7D5 SR Ⓑ #1 1B7 3(A,B), 3(C,D)5			25	99.40
48.1.13	0	68.8	1122.0	- SR 3(A)5, 5(B,D)3			20.5	99.45
48.10.1	0	67.6	1126.6	- SR 3A3, 5B3 5C5, BD5			24	99.40
48.10.1	0	69.0	1127.8	C.R. S.R. 3A3, 5B3 5C5, 3D5	Cu 74 7入9		24	99.40
49.3.28	0	66.0	1118.3	- S.R. 3(A~D) 3		1B1, 3D1, 1D5, 1B7	15	99.46
49.3.28	0	66.0	1116.7	"			"	"
49.5.17	0	74.0	1130.8	"			17	99.47
49.15.20	0	73.8	1131.0	"			18.5	"
49.12.13	0	73.9	1127.6	C.R. 7D1, 7A7		1B1, 3D1, 1D5, 1B7	20	99.45
49.12.24	0	72.0	1124.6	"	0ch, 1C1-Cu wire		"	"

付録Ⅳ 重水濃度測定データ

<重水濃度測定DATA>(1)

年月日	濃度 (mol%)	年月日	濃度 (mol%)	年月日	濃度 (mol%)
45. 1. 6	99.79	45. 5. 7	99.79	45. 9. 3	99.78
7	"	11	99.78	9	99.785
8	"	12	99.795	17	99.75
9	99.795	13	"	24	99.74
10	99.755	14	99.81	45. 10. 1	99.79
13	99.79	18	99.82	8	99.77
14	"	21	99.77	22	"
16	99.80	45. 6. 1	99.795	31	99.78
17	99.795	3	99.77	45. 11. 4	99.75
19	99.79	4	99.78	12	99.78
20	99.82	5	99.77	25	99.77
23	99.80	8	99.75	45. 12. 4	99.76
29	99.79	9	99.74	9	99.725
45. 2. 4	99.80	10	99.79	10	99.795
18	99.79	11	"	19	99.76
25	99.80	12	99.785	25	99.77
26	99.81	17	99.77		
45. 3. 5	99.81	18	99.76	46. 1. 5	99.77
13	99.81	19	99.77	14	99.73
25	99.80	23	99.79	20	99.79
45. 4. 1	99.81	24	"	46. 2. 5	99.75
9	99.795	25	99.77	10	99.55
22	99.81	26	99.785	23	99.485
24	"	29	99.77	24	99.44
25	99.80	30	99.79	46. 3. 3	99.495
30	"	45. 7. 7	99.77	11	99.52
45. 5. 1	"	16	99.78	46. 5. 27	99.32
4	99.82	45. 8. 4	99.795	46. 6. 1	99.445
6	99.805	12	99.80	11	99.495
8	99.81	24	99.79	46. 7. 9	99.54

< 重水濃度測定 DATA > (2)

* ボロン添加中

年月日	濃度 (mol %)	年月日	濃度 (mol %)	年月日	濃度 (mol %)
46. 8. 18	99.49	47. 9. 27	*99.40	48. 12. 22	99.36
46. 9. 9	99.36	47. 10. 14	*99.45		
46. 10. 16	99.46	17	*99.43	49. 2. 2	99.37
26	99.27	20	*99.42	49. 4. 15	99.46
46. 11. 25	99.45	30	*99.40	49. 5. 31	99.47
46. 12. 2	99.44	47. 11. 20	*99.40	49. 6. 29	99.47
9	99.455	25	*99.43		
		25	99.45	49. 8. 26	99.47
47. 1. 14	99.53	47. 12. 9	99.44	49. 9. 30	99.47
26	99.46	21	99.44	49. 10. 28	99.47
47. 3. 21	99.59	48. 1. 13	99.45		
24	99.46	22	99.43	49. 11. 11	99.46
28	99.65	31	99.46	49. 11. 20	99.46
47. 4. 14	99.45	48. 2. 10	99.44	49. 11. 25	99.46
22	99.47	20	99.44		
47. 5. 16	"	48. 3. 9	99.45	49. 12. 09	99.45
47. 6. 21	99.42	13	99.45		
47. 7. 7	99.43	25	99.45	50. 1. 20	99.44
15	"	48. 4. 10	99.43	1. 27	99.43
21	99.44	19	99.43	50. 2. 4	99.43
47. 8. 3	99.40	48. 5. 17	99.43	2. 20	99.43
9	99.38	25	99.41	50. 3. 12	99.43
10	99.40	48. 6. 9	99.41	3. 24	99.43
16	99.45	22	99.41	3. 31	99.46
18	99.43	28	99.35	50. 4. 9	99.45
23	99.44	48. 7. 16	99.42	4. 16	99.45
47. 9. 4	99.46	24	99.42	4. 21	99.43
18	99.45	48. 9. 21	99.40	50. 5. 13	99.43
22	*99.44	48. 10. 27	99.38	50. 5. 19	99.46
25	*99.36	48. 11. 29	99.38	50. 5. 30	99.45

